Ganadería sostenible con arraigo e innovación

XI Congreso Internacional de Sistemas Silvopastoriles

I Congreso de la Red Global de Sistemas Silvopastoriles

México, 3 a 5 de noviembre de 2021

Sistemas Silvopastoriles:

Ganadería sostenible con arraigo e innovación



XI Congreso Internacional de Sistemas Silvopastoriles

I Congreso de la Red Global de Sistemas Silvopastoriles

México, 3 a 5 de noviembre de 2021

CIPAV

Red Global de Sistemas Silvopastoriles

Sistemas silvopastoriles:

Ganadería sostenible con arraigo e innovación

Editores

Julián E. Rivera
Luis Colcombet
Rocío Santos-Gally
Enrique Murgueitio
Maura Díaz
Rogerio Martins Mauricio
Pablo Peri
Julián Chará

ISBN: 978-958-9386-99-6

Cali – Colombia
Noviembre de 2021
Editorial CIPAV

INICIO
CRÉDITOS
COMITÉS
CONTENIDO
SECCIÓN I
SECCIÓN II
SECCIÓN III
SECCIÓN IV



Ganadería sostenible con arraigo e innovación

XI Congreso Internacional de Sistemas Silvopastoriles

I Congreso de la Red Global de Sistemas Silvopastoriles

México, 3 a 5 de noviembre de 2021

La publicación de este material se llevó gracias al apoyo del Fondo Autónomo para la Ciencia, la Tecnología y la Innovación Francisco José de Caldas y de Minciencias a CIPAV a través del Contrato 80740-006-2020.

El conocimiento es de todos
Minciencias



INICIO
CRÉDITOS
COMITÉS
CONTENIDO
SECCIÓN I
SECCIÓN II
SECCIÓN III
SECCIÓN IV

TÍTULO
Sistemas Silvopastoriles: Ganadería Sostenible con Arraigo e Innovación

EDITORES
Julián E. Rivera
Luis Colcombet
Rocío Santos-Gally
Enrique Murgueitio
Maura Díaz
Rogerio Martins Mauricio
Pablo Peri
Julián Chará

FOTOGRAFÍA PORTADA
Adolfo Galindo
Sistemas silvopastoriles intensivos en la Amazonía plana del departamento del Guaviare, Colombia. Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible.

DISEÑO GRÁFICO
José Antonio Riascos

ISBN
978-958-9386-99-6

Para citar este documento:

Rivera J., Colcombet L., Santos-Gally R., Murgueitio E., Díaz M., Mauricio R., Peri P., Chará J. 2021. Sistemas Silvopastoriles: Ganadería Sostenible con Arraigo e Innovación. CIPAV. Cali, Colombia.
ISBN: 978-958-9386-99-6
© 2021. CIPAV

Sistemas silvopastoriles: ganadería sostenible con arraigo e innovación / Rivera, Julian Esteban; Colcombet, Luis; Santos-Gally, Rocío; Murgueitio, Enrique; Díaz, Maura; Martins Rogerio; Peri, Pablo; Chará, Julian. -- Cali, CIPAV, 2021

Digital, formato PDF, 56.5mb, ilustrado
ISBN 978-958-9386-99-6

1. Ganadería sostenible -- 2. Sistemas silvopastoriles. – 3. Cambio climático. – 4. Sostenibilidad. – 5. Pastizales. – 6. Sistemas forrajeros – América Latina – 7. Productividad. – 8. Agricultura. – 9. Tecnología relacionada. – I. Julián Rivera, Luis Colcombet, Rocío Santos-Gally, Enrique Murgueitio, Rogerio Martins, Maura Díaz, Pablo Peri, Julián Chará, Editores; José Antonio Riascos de la Peña, Diseñador gráfico. -- II. Titulo

632.96 CD 21
Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria CIPAV.



INICIO
CRÉDITOS
COMITÉS
CONTENIDO
SECCIÓN I
SECCIÓN II
SECCIÓN III
SECCIÓN IV

COMITÉ ORGANIZADOR NACIONAL

Martha Xóchilt Flores – Fundación Produce Michoacán
Rocío Santos-Gally – Instituto de Ecología, UNAM
Ramón Del Val – Fundación Produce Michoacán
Arturo Di Costanzo – Red Nacional de Innovadores Silvopastoriles
Teresa Magaña – Red Nacional de Innovadores Silvopastoriles
Carlos S. Brito – Fundación Produce Michoacán
Héctor Mario Jiménez – Red Nacional de Innovadores Silvopastoriles

COMITÉ CIENTÍFICO INTERNACIONAL

Rocío Santos-Gally – Instituto de Ecología, UNAM, México
Enrique Murgueitio – Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria, CIPAV, Colombia
Luis Colcombet – Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA – Montecarlo. Misiones, Argentina.
Julián E. Rivera – Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria, CIPAV, Colombia
Pablo Luis Peri: INTA – Santa Cruz. Santa Cruz, Argentina.
Julián Chará – CIPAV. Cali, Colombia.
Rogerio Martins Mauricio – Universidade Federal de São João del-Rei. Minas Gerais, Brasil.
Maura Díaz – Universidad Nacional de Asunción, Paraguay.
Adolfo Cardozo – CENDI Granja, Universidad Nacional de los Llanos Ezequiel Zamora, Venezuela
Alicia Calle – The Nature Conservancy, Colombia.
Antonio Solarte – CIPAV, Colombia
Belén Rossner – Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA – Montecarlo. Misiones, Argentina
Carlos Sánchez Britto – Fundación Produce Michoacán, México.
Gonzalo Villegas – CIPAV, Colombia
Hugo Fassola – INTA Montecarlo. Misiones, Argentina.
Jatnell Alonso – Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba.
Javier Lara - INTA Leales. Tucumán, Argentina
Jhon Jairo Lopera - CIPAV, Colombia
Jorge Esquivel – CREA Tierra Colorada, Misiones – Argentina.
Julio Perrachón – Plan Agropecuario, Uruguay
Karen Castaño - CIPAV, Colombia
Laura Serna - CIPAV, Colombia
Lina Paola Giraldo – CIPAV, Colombia
Marcelo Navall – INTA, Santiago del Estero, Argentina
Natalia Banegas – INTA Leales. Tucumán, Argentina
Patricia Keller – Universidad de Misiones, Argentina
Rolando Barahona – Universidad Nacional, sede Medellín, Colombia.
Rosana Maneschy – Universidade Federal do Pará, Brasil
Simón Pérez – Universidade Federal do Minas Gerais, Brasil
Stella Maris Huertas – Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.
Tomás Ruiz – Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba.
Walter Galindo – CIPAV, Colombia
Zoraida Calle – CIPAV, Colombia



INICIO
CRÉDITOS
COMITÉS
CONTENIDO
SECCIÓN I
SECCIÓN II
SECCIÓN III
SECCIÓN IV

LA COMUNIDAD SILVOPASTORIL ENTRE LA PANDEMIA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

Apreciada Comunidad Silvopastoril de América y del mundo:

Lo primero que tenemos que expresar es nuestra profunda solidaridad con todas las familias de quienes perdieron seres queridos durante la pandemia del COVID19 que todavía no termina de azotar a la humanidad. Démosles un abrazo fraterno y sembremos árboles a nombre de todos ellos, para que sigan vivos en nuestros corazones y recuerdos.

Por esta misma pandémica razón, hoy no estamos todos reunidos bajo el sol hospitalario del México profundo, rodeados de su diversidad alucinante, sus sabores tan únicos, sus arrolladoras músicas y su infinita capacidad de convertir los sufrimientos en actos solidarios de alegre resistencia, con innovaciones campesinas y con sorprendentes avances científicos.

A lo largo de la evolución de la pandemia y abrumados por las expresiones extremas del cambio climático generado por nuestra propia especie, se fue diluyendo nuestra ilusión de tener un radiante XI Congreso Internacional Silvopastoril y I Congreso de la Red Global Silvopastoril de cuerpo presente, bien fuera en las tierras veracruzanas y huastecas con el ritmo de sus huapangos y sones; en el Michoacán de las balonas de tierra caliente; en Jalisco de mariachis eternos, en Chiapas al compás de las marimbas de caoba, o en cualquier otro magnífico lugar de la extensa geografía agropecuaria mexicana. Así, la dura realidad de los confinamientos con los picos de contagio y los servicios hospitalarios en el límite de su capacidad, nos empujaron al reto de organizar nuestro encuentro de manera virtual. Y fue lo que hicimos sin tregua ni desesperanza durante meses y meses de trabajo colectivo y voluntario entre el Comité Nacional Organizador y el Comité Científico Internacional.

Hoy nos llega el momento de estar juntos de nuevo intermediados por las comunicaciones, el internet, las plataformas digitales, los videos, las fotografías y toda forma imaginable de compartir desvelos, luchas y logros de la gente que hace crecer las formas sostenibles y regenerativas del manejo de la tierra, siempre con el agua, los árboles, los arbustos, las praderas y los animales.

Nuestro segundo mensaje es el de la gratitud inmensa con todos los que hacen posible esta versión atípica de nuestros congresos silvopastoriles. La generosa y excelsa contribución científica de los expositores invitados, los investigadores de doce países que enviaron sus textos, grabaciones y carteles, para las secciones una, dos y cuatro; los productores innovadores con sus videos que, en la tercera sección, nos llevarán de viaje por las experiencias silvopastoriles en siete países de América Latina; los expertos del panel sobre la integración generacional de la sección cuarta que se convierte en un hito histórico al profundizar sobre uno de los aspectos más determinantes del futuro del campo. También gracias siempre a todos los miembros de los comités (el mexicano y el internacional ya mencionados), que sin desmayar han entregado su valioso tiempo, inteligencia y voluntad para superar infinidad de detalles que tiene un evento de esta



INICIO
CRÉDITOS
COMITÉS
CONTENIDO
SECCIÓN I
SECCIÓN II
SECCIÓN III
SECCIÓN IV

naturaleza. Un agradecimiento a la plataforma VTC de México que nos acoge y facilita con la magia de la virtualidad y, en forma muy especial, a los patrocinadores que no han dudado en unirse a esta aventura del conocimiento: el Instituto de Ecología de la Universidad Autónoma de México, la organización de Productores Nacionales de Semillas para Sistemas Silvopastoriles de México, la Fundación Produce Michoacán, la Red Global Silvopastoril, la Iniciativa de Liderazgo y Capacitación Ambiental (ELTI) de la Universidad de Yale (Estados Unidos), el INTA de Argentina, la Universidad Federal Sao Joao de Rei de Brasil, la revista científica Agroecossistemas de Brasil y CIPAV de Colombia.

Nuestro tercer y último mensaje para la querida comunidad silvopastoril es muy breve: no se pierdan ninguna de las actividades que tenemos para su pleno disfrute y prepárense para un extraordinario XII Congreso Internacional Silvopastoril cuya sede anunciaremos el viernes 5 de noviembre.

Muchas gracias.

Enrique Murgueitio R.
Comité Científico Internacional.
Director Ejecutivo CIPAV



INICIO
CRÉDITOS
COMITÉS
CONTENIDO
SECCIÓN I
SECCIÓN II
SECCIÓN III
SECCIÓN IV

Contenido

SECCIÓN I
GANADERIA SOSTENIBLE 1

Sistema de monitoreo predial de Manejo de Bosques con Ganadería Integrada (MBGI) en bosques de ñire de la provincia de Santa Cruz, Patagonia, Argentina 2

Los sistemas silvopastoriles como herramienta para la restauración de paisajes 24

Evaluation of CO_2, CH_4, and N_2O soil emissions with real-time cavity ring-down spectroscopy in two different tropical grazing pastures systems 27

Potencialidad de obtención de rentas anuales para los componentes forestales de los sistemas agro silvopastoriles en la región NE de Argentina 30

Comportamiento diferencial de los rasgos funcionales de especies leñosas perennes adultas y jóvenes en sistemas de ganadería y el medio ambiente 40

Similitud de dieta de venado cola blanca *(Odocoileus virginianus)* y caprinos *(Capra hircus)* en un sistema silvopastoril en Cosoltepec Oaxaca 54

Evaluación de microclima en un sistema silvopastoril en ambiente de clima templado 62

In vitro microbial efficiency of diets containing *Tithonia diversifolia* 65

Caracterización de sistemas silvopastoriles para el estudio de producción de servicios ambientales 76

Evaluaciones productivas y tipificación de fincas doble propósito para el diseño e implementación de modelos de ganadería sostenible con sistemas silvopastoriles en diferentes municipios de Nicaragua 87

Propuesta de indicadores de calidad del suelo para el monitoreo de los Sistemas Silvopastoriles Intensivos (SSPi) 100

Evolución de los recursos forrajero y apícola en un sistema silvoapícolapastoril bajo sauces en el Bajo Delta del Río Paraná 113

Establecimiento de sistemas agroforestales en el delta del Paraná: comportamiento de barbados de sauce para su instalación 121

Costos de producción de leche en los sistemas doble propósito y lechería especializada con modelos convencionales y sistemas silvopastoriles en 10 departamentos de Colombia 123

Caracterización morfológica y productiva de materiales de *Tithonia diversifolia* colectados en el estado de Chiapas, México 126



INICIO
CRÉDITOS
COMITÉS
CONTENIDO
SECCIÓN I
SECCIÓN II
SECCIÓN III
SECCIÓN IV

Dinámica de la producción de forraje en *Sambucus peruviana* como arbustiva forrajera en sistemas de producción ganadera del trópico alto colombiano 139

Crecimiento, diversidad genética, morfometría y fenología del yopo (*Mimosa trianae* Benth) en el Piedemonte orinocense y el Valle del Cauca, Colombia 147

Variación interanual en la producción de frutos nativos en sistemas silvopastoriles 150

Caracterización del ambiente y del tapiz vegetal en sistemas silvopastoriles: estudio de caso en el Este de Uruguay 153

Respuesta productiva en la recría de hembras de reposición bajo un Sistema Silvopastoril Tri-estrato y pastura a cielo abierto en Misiones, Argentina 166

Propuesta de una Oferta tecnológica en ganadería sostenible de alta montaña en Colombia, usando escarabajos coprófagos bio-recicladores y microorganismos del suelo 173

Implementación de un modelo multiagente de un sistema silvopastoril uruguayo como estudio de caso 176

Planificación Predial Participativa: avances en la aplicación de una herramienta para la transformación sostenible de comunidades en la subregión La Mojana, Colombia 185

Competencia de dos forrajeras templadas en respuesta al sombreo 198

Árboles y arbustos asociados a sistemas silvopastoriles y bosques en predios ganaderos del valle del río Cesar, Colombia 201

Contenido de carbono en biomasa aérea de *Leucaena leucocephala* consorciada con pasturas para la producción bovina de carne en Paraguay 203

Contenido de carbono en la biomasa de tres sistemas forrajeros utilizados en pastoreo invernal para ganadería bovina, Concepción de Paraguay 206

Producción forrajera en sistemas silvopastoriles sobre pastizales en el norte de Corrientes, Argentina 209

Factores que influyen en la adopción de sistemas silvopastoriles en el Piedemonte Andino-Amazónico del Departamento del Caquetá, Colombia. 212

Valoración de los sistemas agropastorales extensivos en áreas mediterráneas: una aproximación desde los consumidores de carne en Cataluña, España 215

Caracterización de cinco arbustivas forrajeras del altiplano mexicano para la alimentación del ganado en pastoreo 227



INICIO
CRÉDITOS
COMITÉS
CONTENIDO
SECCIÓN I
SECCIÓN II
SECCIÓN III
SECCIÓN IV

Comportamiento agronómico y contenido de proteína cruda de *Dichanthium aristatum* (Poir.) bajo cuatro diferentes intensidades de sombra simulada 236

Momento óptimo de utilización de tres especies arbustivas en dos épocas del año en sistemas silvopastoriles intensivos de Pucallpa- Perú 245

Crecimiento y producción de maíz en diferentes sustratos tratados con carbón vegetal proveniente de sistemas silvopastoriles 248

Evaluación del establecimiento de árboles y arbustos promisorios como alimento para ganado vacuno en sistemas Silvopastoriles en suelos ácidos de Pucallpa, Amazonía peruana 258

Sistemas silvopastoriles y conectividad ecológica en un paisaje ganadero de la región del Magdalena Medio, Colombia 272

Impacto del estrés calórico en la productividad de la cría vacuna 288

Estimación dasométrica de *Eucalyptus* spp. y contenido de carbono en una parcela bajo sistema silvopastoril 300

Persistencia de gramíneas forrajeras invernales perennes en sistemas silvopastoriles: dinámica de aparición y mortalidad de macollos bajo árboles de *Eucalyptus spp* y pleno sol 303

El árbol y sus efectos en el microclima y en la productividad de forraje 315

Identificación de características distintivas de las unidades productivas ganaderas con bosques en Tierra del Fuego, Argentina 325

Evaluación económica-financiera de la integración ganadera en plantaciones forestales de álamo en Delta del río Paraná, Argentina 328

Efecto de la introducción de *Prosopis alba* en un sistema de pastura pura (*Chloris gayana* cv Finecut) en dos situaciones topográficas sobre los contenidos de carbono orgánico y nitrógeno en el suelo 341

Vegetation structure of livestock landscapes with silvopastoral systems in the Amazonian region of Caquetá, Colombia 350

Variabilidad de los resultados financieros de sistemas silvopastoriles con algarrobo blanco, que parten desde ganadería y forestación pura en función de cuatro situaciones 353

Evaluación de un sistema silvopastoril implantado con algarrobo blanco, en diferentes densidades con manejo silvícola, en la provincia del Chaco Argentina 365

Contribución de la regeneración natural de *Prosopis* spp. en sistemas silvopastoriles en la región del chaco paraguayo 375

Importancia de los escarabajos estercoleros en la actividad ganadera 390



INICIO
CRÉDITOS
COMITÉS
CONTENIDO
SECCIÓN I
SECCIÓN II
SECCIÓN III
SECCIÓN IV

Transición a la ganadería sostenible: desde un experimento de restauración ecológica a la biología reproductiva de una especie forrajera tropical 393

Origen y diversificación de sistemas agroforestales en México 394

Biodiversidad y provisión de servicios ambientales en sistemas silvopastoriles 395

SECCIÓN II
ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN, ADAPTACIÓN Y RESILIENCIA AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS TERRITORIOS 397

Sistemas Silvopastoriles: Su efecto sobre las condiciones ambientales y el comportamiento animal 398

Áreas prioritárias para inclusão de componente arbóreo e redesenho de sistemas pecuários no assentamento Belo Horizonte II, São Domingos do Araguaia-PA, Brasil 411

Efecto del consumo de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray en la generación *in vivo* de CH_4 y la producción de leche bovina, en el Piedemonte Amazónico Colombiano 423

Mejorando la resiliencia de la ganadería familiar en el piedemonte Andino-Amazónico del Caquetá, Colombia 435

Propuesta metodológica para la evaluación de la resiliencia a la variabilidad climática, en sistemas silvopastoriles familiares en este y noreste de Uruguay 446

Los Sistemas Silvopastoriles (SSP) cómo herramienta de mitigación en el diseño en la NAMA de Ganadería Sostenible de Colombia 462

Determinación del stock de carbono en sistemas ganaderos silvopastoriles y tradicionales en el piedemonte Amazónico colombiano 467

Estudio de caso: reconversión de la ganadería extensiva mediante la implementación de sistemas silvopastoriles como una estrategia de adaptación al cambio climático en el parque nacional cañón del sumidero, Chiapas 478

Efecto de los sistemas silvopastoriles en las emisiones de N_2O y CH_4 provenientes del estiércol de vacas doble propósito en el Piedemonte Amazónico Colombiano 492

¿Podrán los sistemas silvopastoriles mejorar los balances de carbono en Argentina? 505

SECCIÓN III
INNOVADORES GANADEROS EN SISTEMAS SILVOPASTORILES, AGROSILVOPASTORILES (TESTIMONIOS DE PRODUCTORES) 522

Calidad nutricional de *Tithonia diversifolia* bajo distintos niveles de sombra en la provincia de Misiones, Argentina 523



INICIO
CRÉDITOS
COMITÉS
CONTENIDO
SECCIÓN I
SECCIÓN II
SECCIÓN III
SECCIÓN IV

Caracterización de Sistemas Silvopastoriles en la cuenca ganadera de Molinopampa, Zona Noroccidental del Perú 526

Aporte al conocimiento sobre germinación, producción de semilla y establecimiento por semilla gámica de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray en Cuba 539

SECCIÓN IV
RELEVO GENERACIONAL EN EL CAMPO – HEREDEROS SILVOPASTORILES 555

A integração intergeracional como política pública em Santa Catarina, Brasil 556

Sostenibilidad y prosperidad de empresas familiares: aspectos a tener en cuenta para lograrlas 563

Estrategias para lograr una integración generacional exitosa en las empresas familiares agropecuarias. Experiencias de Uruguay 585

Lecciones Aprendidas sobre el Intercambio Generacional en el Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible 595

Topofilia, identidad territorial y arraigo por la tierra: El intercambio entre jóvenes como alternativa a la desconexión con el campo 609

Experiencias de Sistemas AgroSilvoPastoriles Integrados con Relevo Generacional y Música Tradicional en Venezuela 616

A pastorícia em territórios de montanha em Portugal: tradição com futuro? 627

Los escarabajos coprófagos llegaron para quedarse; testimonio de la ganadería Chuguaca, San Francisco, Cundinamarca, Colombia 642

INICIO
CRÉDITOS
COMITÉS
CONTENIDO
SECCIÓN I
SECCIÓN II
SECCIÓN III
SECCIÓN IV

SECCIÓN I

GANADERIA SOSTENIBLE



Sistema de monitoreo predial de Manejo de Bosques con Ganadería Integrada (MBGI) en bosques de ñire de la provincia de Santa Cruz, Patagonia, Argentina

Farm monitoring system of Forest Management with Integrated Livestock (MBGI) in ñire forests in Santa Cruz province, Patagonia, Argentina

P.L. Peri[1,2]; J.M. Cellini[3], A. Alberti[4]; F. Mattenet[4]; L. Huertas[1]; L. Monelos[2]; M. Mónaco[5]; G. Martínez Pastur[6]

[1]Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). [2]Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), CC 332, Río Gallegos 9400, Santa Cruz, Argentina; peri.pablo@inta.gob.ar. [3]Universidad Nacional de La Plata (UNLP), La Plata, Buenos Aires, Argentina. [4]Dirección de Bosques del Consejo Agrario Provincial, Santa Cruz, Argentina. [5]Centro Austral de Investigaciones Científicas (CADIC-CONICET), Ushuaia, Tierra del Fuego, Argentina [6]Dirección Nacional de Bosques del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MAyDS).

Resumen

El Manejo de Bosque con Ganadería Integrada (MBGI) es un modelo de gestión sustentable a escala predial del bosque nativo, que tiene como objetivo aumentar los servicios ecosistémicos de provisión, con un mínimo impacto sobre los servicios ecosistémicos de regulación y soporte, y manteniendo los servicios culturales asociados al bosque. El objetivo del presente trabajo fue instalar 23 indicadores (11 ambientales, 5 socio-económicos, 7 productivos) para el monitoreo a escala predial de los planes MBGI en la provincia de Santa Cruz (Patagonia Sur, Argentina). La instalación de los indicadores se realizó en 39 establecimientos ganaderos con bosque de ñire (*Nothofagus antarctica*), basados en encuestas, registros, imágenes satelitales y muestreo de variables a campo. Los valores de los indicadores se transformaron a una escala común de números enteros entre 1 y 4 (1= mal desempeño, 2= aceptable, 3= bueno, y 4 = muy bueno), en función de la situación inicial, el valor objetivo del proyecto, y un valor óptimo obtenido de situaciones de referencia regional. Para los predios ganaderos de Santa Cruz con bosques de ñire el promedio global fue aceptable-bueno con una valoración de 2,68 puntos. Mientras el indicador socio-económico capacidad de gestión presentó el menor valor (1,57 puntos), el mejor indicador fue el relacionado a la compactación del suelo (3,68 puntos). La cuantificación de los indicadores son una herramienta para la determinación de las líneas de base a nivel predial, brindando elementos básicos para el ajuste de las prácticas de manejo implementadas en el campo

Palabras claves: *sustentabilidad; monitoreo; ganadería; servicios ecosistémicos; bosques nativos*

Abstract

Forest Management with Integrated Livestock (MBGI) is a sustainable management model of the native forest at farm scale, which aims to increase the provision ecosystem services with a minimum impact on the regulation and support ecosystem services and maintaining the cultural services associated with the forest. The objective of this work was to set up 23 indicators (11 environmental, 5 socio-economic, 7 productive) for monitoring MBGI plans at the farm level in Santa Cruz province (southern Patagonia, Argentina). The installation of the indicators was carried out in 39 livestock establishments with ñire (*Nothofagus antarctica*) forest, based on surveys, satellite images and field sampling. The values of the indicators were transformed to a common scale from 1 to 4 (1 = poor performance, 2 = acceptable, 3 = good, and 4 = very good), depending on the initial situation, the objective of the project, and an optimal value obtained from regional reference situations. The global average value for livestock farms of Santa Cruz with ñire forests was 2.68 points (acceptable-good). While the socio-economic management capacity indicator presented the lowest value (1.57 points), the best indicator was related to soil compaction (3.68 points). The quantification of these indicators is a tool for determining the baselines at the farm level, providing basic elements for adjusting the management practices implemented in the field.

Key words: *sustainability; monitoring; cattle raising; ecosystem services; native forests*

Introducción

En los bosques nativos de ñire (*Nothofagus antarctica*) de la provincia de Santa Cruz (Patagonia Sur, Argentina), la actividad ganadera se desarrolla en el 90% del total de su superficie (159.720 ha), siendo la producción mixta bovina (raza Hereford) y ovina (raza Corriedale) la que tienen la mayor participación en los establecimientos ganaderos (Peri y Ormaechea, 2013).

El Manejo de Bosque con Ganadería Integrada (MBGI) es un modelo de gestión sustentable a escala predial del bosque nativo, que tiene como objetivo aumentar los servicios ecosistémicos de provisión (ej. madera, productos forestales no madereros, ganaderos), con un mínimo impacto sobre el resto de los servicios ecosistémicos (ej. regulación y soporte), y manteniendo los servicios culturales asociados al bosque. El MBGI se implementó en el año 2015 a partir de un convenio entre el Ministerio de Agroindustria y el Ministerio Ambiente y Desarrollo Sustentable, con los objetivos de (i) establecer lineamientos técnicos para planes forestoganaderos en las áreas de bosques nativos, respetando los criterios de sustentabilidad establecidos en la Ley Nacional de Bosques Nativos N° 26.331, (ii) articular políticas públicas, y (iii) fomentar el fortalecimiento de

las provincias, impulsando la generación de capacidades para la implementación de planes MBGI mediante comités técnicos provinciales (Navall *et al*., 2016; Peri *et al*., 2018). En este contexto, la provincia de Santa Cruz (Patagonia Sur, Argentina) firmó el convenio MBGI en el año 2016.

Las propuestas técnicas se basan en el manejo adaptativo y se deben plasmar en la presentación de un Plan MBGI, donde a través de un abordaje sistémico, se deben planifican las intervenciones de todos los componentes del sistema (ej. el forestal, el ganadero, el forrajero, el suelo, la biodiversidad). Para llevar a cabo el ordenamiento predial bajo el concepto del manejo adaptativo, es imprescindible contar con un sistema de monitoreo que verifique que la planificación cumple con los objetivos en todas las dimensiones de la sustentabilidad: ambiental, social-económica y productiva. Adicionalmente, es importante destacar que el mantenimiento de la producción va más allá del beneficio del productor, teniendo un impacto a escala regional, beneficiando a otros actores.

El objetivo del presente trabajo fue instalar indicadores MBGI a una escala predial para la provincia de Santa Cruz, elaborados bajo tres principios de sustentabilidad: (a) la capacidad productiva del ecosistema debe mantenerse o mejorarse; (b) la integridad del ecosistema y sus servicios ecosistémicos deben mantenerse o mejorarse; y (c) el bienestar de las comunidades asociadas a su uso debe mantenerse o mejorarse.

Materiales y Métodos

Los indicadores de monitoreo a escala predial se adaptó del Manual de Indicadores MBGI para la Región Patagónica donde se establecieron 23 indicadores (12 ambientales, 5 socio-económicos, 6 productivos) (Peri *et al*., 2021). La instalación de los indicadores en la provincia de Santa Cruz, se realizó en 39 establecimientos ganaderos con bosque de ñire. Para la estimación de los indicadores se recurrió a diferentes fuentes de datos: encuestas, registros, imágenes satelitales y muestreo de variables a campo. Las dos primeras fuentes se aplican a indicadores socio-económicos y productivos, las imágenes satelitales sirvieron para la determinación de áreas a muestrear y para verificar indicadores de cobertura de bosque y conectividad a nivel de predio y con su contexto. El muestreo a campo permitió medir o estimar variables relacionadas al ambiente y la producción.

Procedimiento para el relevamiento de datos a través de encuestas y registros

A través de encuestas y registros se relevaron datos durante un año para la valoración de cuatro indicadores sociales, dos económicos y cinco productivos. Mientras algunos indicadores sociales seleccionados para el

MBGI corresponden a la categoría *de resultados sociales directos* (adopción de tecnología y trabajo), ya que pueden verificarse a través de datos objetivos, otros, se encuentran bajo la categoría de *percepción* (grado de satisfacción) que se relacionan a la valoración de la "condición del productor", es decir como el productor califica su condición en relación al manejo predial. Los datos necesarios para el cálculo de los indicadores productivos y económicos, se obtuvieron de los registros de los productores y encuestas abiertas y semi-estructuradas (Tabla 1).

Tabla 1. Indicadores que se calculan a partir de registros del productor y encuesta

Dimensión del indicador	*Indicador*	*Fuente de los datos*	*Verificadores*
Socio-económico	**Grado de satisfacción del productor**	Registros de reuniones y encuestas semiestructuradas.	Perceptivos: Situación actual con respecto a situación inicial. Satisfacción con respecto a expectativa o resolución de problemas.
	Grado de adopción de la tecnología	Encuestas con ejes semiestructurados referidos a los diferentes subsistemas (forestal, ganadero, otros usos del bosque).	Dificultades para la aplicación del plan; innovaciones y aportes propios del productor al plan; apropiación de la tecnología y del plan en general.
	Trabajo	Registros y encuesta cuali-cuantitativa .	Cantidad y calidad del trabajo: horas de trabajo de los integrantes de la familia productora, contratación de mano de obra; mano de obra en blanco, acceso a seguridad social y salud, acceso a capacitación.
	Resultado económico	Registros y encuestas.	Preferentemente *Margen Neto*, si no es posible se utiliza *Margen Bruto*
	Capacidad de gestión	Registros y encuestas.	Nivel de asociativismo, posibilidad de acceso a créditos, acceso a la tecnología, interacción con organismos gubernamentales.
Productivo	**Producción forestal**	Registros (guías) y encuestas (autoconsumo).	Volumen de productos forestales madereros y leñeros extraídos.
	Producción de productos forestales no madereros (PFNM)	Encuestas.	Unidades; volumen o biomasa de productos forestales no madereros extraídos (comercializados y consumidos).
	Producción ganadera de carne	Registros de venta y encuestas incluyendo autoconsumo.	Kg de carne/ha/año.
	Producción de lana	Registros de venta y encuestas.	Kg de lana/ha/año.
	Eficiencia reproductiva ganadera	Registros de manejo, encuestas y planillas de romaneo.	% de destete/señalada referido al total de vientres que entraron en servicio.

Procedimiento para el muestreo a campo

A través de la metodología propuesta para el muestreo a campo, se relevaron datos para el cálculo o estimación de siete indicadores ambientales, dos indicadores productivos-ambientales y uno productivo a través de la instalación de transectas, fajas y parcelas puntuales (Tabla 2). En el diseño se procuró optimizar la estimación de datos de calidad con la economía de los recursos del monitoreo y el tiempo. Atento a esta premisa, se estableció como base a una *transecta lineal*, fajas de diferentes anchos asociadas a la transecta, y cuadros de censo cada 5 metros de transecta para cada unidad de muestreo específica.

En cada establecimiento se delimitó las áreas homogéneas en cuanto a la vegetación, las condiciones ambientales e historia de uso de los potreros. Además, en el predio, se delimitó el área destinada al pastoreo y aprovechamiento forestal y las áreas de conservación y conectividad, ya que cada una tiene objetivos diferentes, y por ende distintos umbrales de aceptación para algunos indicadores. Para esto se utilizó imágenes satelitales Landsat TM y el Google Earth. Las unidades seleccionadas cubrieron las diferentes fisonomías dentro del paisaje (ej. bosque, pastizal, arbustal) captando la heterogeneidad espacial y abarcando la composición específica característica del ecosistema bajo análisis. Para esto se identificaron rodales o estados de "referencia" (bosque con la condición de mayor integridad ecológica), con el menor impacto posible pasado y presente, como punto de comparación del impacto o el cambio frente a las distintas estrategias de manejo propuestas o implementadas (ej. comunidades de plantas). Es importante destacar que los “estados de referencia” no siempre estuvieron en el campo donde se establecieron los indicadores. En muchos casos se compararon con estados de referencia de la bibliografía para los bosques de ñire de Santa Cruz (Peri *et al*., 2017a) presentes en el predio. En el momento de inicio del plan MBGI, en cada unidad homogénea de bosque nativo que se decidió incluir en el monitoreo, se estableció una transecta de 50 m de longitud. El punto “0” se identificó con estaca para poder volver al mismo punto en otra oportunidad.

Al inicio (0 m) y final (50 m) de la transecta: Parcelas permanentes de inventario forestal caracterizando el sitio por medio de la altura dominante (HD) y por medio de recuentos angulares de Bitterlich (K=1 a 6), determinando especies, clase de copa, fase de desarrollo (desmonoramiento, envejecimiento, crecimiento óptimo), presencia de cavidades, árboles muertos en pie, diámetros a la altura del pecho (DAP) (>10 cm y alturas >1,3 m) calculando áreas basales (AB), diámetros cuadráticos medios (DCM) y mediciones de cobertura de copas.

La regeneración avanzada (DAP <10 cm y alturas >1,6 m) se midió en parcelas rectangulares de 5 m^2 (5 x 1 m) considerando DAP, altura, forma y sanidad forestal. La regeneración inicial (altura <1,6 m) se medió en parcelas permanentes rectangulares de 1 m^2 (5 x 0,2 m) o de superficie variable (5 m x ancho variable) de modo de ingresar al menos 5 plántulas por parcela, estimando conteos por especie, altura individual y daños producto de efectos bióticos (ramoneo) o abióticos (efectos de heladas o sequías).

Cada 1 m: mediante el método de punto-intercepción (método de "toque") se registró cobertura y composición de especies o formas de vida del sotobosque, suelo desnudo, hojarasca, piedras/rocas y residuos leñosos. Esta información se utilizó para el cálculo del indicador *"estructura de la vegetación" y "diversidad de la vegetación"*. Se registraron todas las especies o formas de vida que intercepten ese punto (no solo las dominantes) para valorar *riqueza de plantas vasculares*. Se registró las especies exóticas invasivas que limitan la regeneración de las principales especies forestales y disminuyen la biodiversidad (por ejemplo, *Hieracium praealtum*, *Hypochoeris radicata*).

A lo largo de la transecta: Se registraron ancho y altura de cárcavas y/o surcos de escorrentía que intercepta la transecta. Para estimar el nivel de actividad del proceso de erosión, se apuntó cobertura vegetal de herbáceas (si/no) en cárcavas y surcos. Se registró la presencia de plantas en pedestal. Esta información fue utilizada para valorar el indicador "*signos de erosión"*.

En una faja de 50m por 4m de ancho (2m a cada lado de la transecta): Se registró cuevas en el suelo, fecas (mamíferos nativos como zorros, pumas, guanacos) y otros signos de presencia de fauna. Se obtuvo una muestra compuesta de 4 sub-muestras de suelo al azar (0-10 cm de profundidad), en las cuales se determinó el carbono (C) orgánico total. En cada submuestra se calculó la densidad aparente del suelo mediante un cilindro de volumen conocido, balanza y estufa de secado. Esta información se utilizó para valorar el indicador *"materia orgánica del suelo"*. A cada una de estas submuestras se le determinó la densidad aparente efectiva del suelo.

En un sitio representativo se instalaron en forma permanente una jaula de exclusión de 1-2 m^2 para realizar cortes (0,25 m^2) en el pico de biomasa (primavera-verano). Las gramíneas y especies herbáceas se cortaron a 1 cm de altura, y en el caso de especies leñosas se cortaron los brotes del último año. Esta información se utilizó para calcular el indicador "*oferta forrajera"*.

Tabla 2. Indicadores obtenidos a partir de los datos de las transectas y las fajas.

Dimensión del indicador	*Muestras obtenidas / variables relevadas*	*Indicador*	*Verificadores*
Ambiental	Muestras de suelo muestra compuesta) .	Materia orgánica del suelo.	Carbono orgánico total del suelo (t C/ha) (0-10 cm).
	Cobertura de suelo y estratos inferiores del sotobosque.	Índices de cobertura del suelo.	Porcentaje (%) cobertura vegetal, hojarasca y residuos leñosos del suelo. Porcentaje (%) suelo desnudo.
	Especies dominantes por estrato.	Biodiversidad plantas vasculares.	Diversidad beta de la comunidad del predio con respecto a comunidad de referencia.
	Registro de especies invasoras indicadoras de degradación.	Frecuencia de ocurrencia de especies invasoras.	Cobertura (%) de especies invasoras exóticas como indicadoras de degradación.
	Calidad de hábitat.	Complejidad estructural de la vegetación.	Índice de heterogeneidad espacial horizontal. Índice de heterogeneidad espacial vertical.
	Signos de erosión (a lo largo de la transecta).	Erosión de suelo.	Signos de erosión: ancho y profundidad de cárcavas o surcos, presencia de erosión laminar y/o plantas en pedestal.
	Compactación del suelo.	Densidad aparente.	Densidad aparente del suelo a una profundidad de 0-10 cm (gr/cm^3).
Productivo	Biomasa especies forrajeras.	Oferta forrajera.	Kg materia seca/ha.

Productivo-Ambiental	Regeneración especies arbóreas nativas.	Regeneración.	Densidad de regeneración inicial (<1,3 m altura). Densidad de regeneración avanzada (>1,3 m de altura y <10 cm DAP).
	Estructura y funcionalidad de la cobertura arbórea.	Capacidad productiva forestal.	Área basal (m^2/ha). Volumen bruto con corteza (m^3/ha/año). Cobertura de copas (%).
Ambiental (información complementaria)	Frecuencia de cavidades en árboles y suelo, otras señales de presencia de fauna (heces).	Biodiversidad.	Riqueza específica. Presencia / ausencia de especies de alto valor de conservación. Densidad de micrositios relacionados a hábitat de especies claves de fauna.

Procedimiento para el muestreo en cursos de agua y gabinete con imágenes satelitales

El manejo del agua es uno de los lineamientos que plantea MBGI, donde se debe establecer la planificación y el diseño del uso eficiente y productivo del agua, mediante un plan de acción incluido en el plan de manejo, que incluya el aprovisionamiento y la distribución de la misma, y que permita disminuir los impactos del ganado evitando la contaminación y la erosión de los cursos de agua (Tabla 3). Por otro lado, para garantizar la sustentabilidad de sistemas productivos en bosque nativo, es indispensable la implementación de sistemas de monitoreo a niveles de paisaje a través del uso de imágenes satelitales (Tabla 3).

Tabla 3. Indicadores estimados mediante teledetección y en cursos de agua

Dimensión del indicador	*Indicador*	*Fuente de los datos*	*Verificadores*
Ambiental	Configuración espacial y superficie del bosque a nivel de predio.	Imágenes Landsat o MODIS.	Superficie de bosque en el predio y de bosques destinados a conservación. Distancia entre parches de bosque (a nivel del predio). Conectividad con bosque de predios vecinos. Conectividad de áreas de conservación.
	Calidad de hábitat y de provisión de agua de arroyos y ríos.	Estabilidad y protección vegetal de la ribera en tramo de río o arroyo de 100 metros de largo.	Ranking de estabilidad protección vegetal de riberas (óptimo, sub-óptimo, marginal, pobre).
	Calidad de agua.	Índice de calidad de aguas de ríos patagónicos basado en macro-invertebrados bentónicos o presencia y cantidad de coliformes.	Categorías de calidad de agua (muy limpia, limpia, polución incipiente, regular poluída, fuertemente poluída).

Resultados y Discusión

Para llevar a cabo un análisis multidimensional, fue imprescindible transformar los valores de los indicadores a una escala común de números enteros entre 1 y 4. Se consideró: 1= mal desempeño, 2= aceptable, 3= bueno, y 4 = muy bueno, en función de la situación inicial, el valor objetivo del proyecto, y un valor óptimo obtenido de situaciones de referencia regional.

Indicadores productivos

La medición del indicador de la **oferta de especies forrajeras** (Fig. 1) es de fundamental importancia para evaluar, previo y posterior a las intervenciones silvícolas, o en forma anual, la capacidad productiva ganadera del predio bajo MBGI. En Patagonia Sur, una forma de medir este indicador es a través del uso del Método Ñirantal Sur (San Jorge) que estima la Producción Primaria Neta Anual Potencial (PPNAP) del pastizal en función de la clase de sitio expresado por la altura promedio (m) de los árboles dominantes de ñire, la cobertura de copas, el área basal, los residuos leñosos y momento de uso (Peri, 2009 a, b). Para los predios de Santa Cruz con bosques de ñire el promedio de este indicador fue de 2,85 puntos, lo cual representa aproximadamente el 50% de la PPNAP (máxima acumulación de materia seca del pastizal).

La producción del componente animal representa el principal ingreso anual en estos sistemas productivos y se sustenta en el pastizal nativo conformado en varias zonas por especies naturalizadas de alto valor forrajero (Peri *et al*., 2012). Este indicador es sensible a las prácticas silvícolas, implantación de pasturas y reserva forrajeras ya que influye en oferta y calidad forrajera, como así también depende del tipo de manejo animal (rotativo, continuo, veranada-invernada) y ajuste de carga que se realicen en predios bajo manejo MBGI. Para los predios de Santa Cruz con bosques de ñire el promedio del indicador **producción ganadera de carne** fue de 2,45 puntos para bovinos (15-20 kg/ha/año) y de 2,12 puntos para ovinos (6-8 kg/ha/año) (Fig. 1).

En Patagonia, la producción ovina es una de las principales actividades ganaderas, de la cual se obtiene como productos principales lana cruza fina y carne de cordero. En zonas con precipitaciones mayores a 200 mm anuales, predominan los sistemas doble propósito carne/lana basados mayoritariamente en la raza Corriedale con producción de lanas cruzas y cruzas finas, y en menor proporción Dohne Merino, Poll Merino y otras razas, que, si bien son doble propósito carne/lana, se caracterizan por una producción de lana fina. La producción de lana depende de la raza, la edad, el sexo y el clima, así como diferentes variables dentro del manejo animal. Para los establecimientos ganaderos ovinos de Patagonia Sur con bosques de ñire, la producción media de lana por animal es de 4,7 kg/animal, con valores de carga animal que fluctúan entre 0,60 y 0,65 ovejas/ha (Ormaechea *et al*., 2009). En los establecimientos ganaderos de Santa Cruz con bosques de ñire el promedio del indicador **producción ganadera de lana** fue de 3,22 puntos, lo cual representa valores productivos superiores a 1,5 kg lana/ha/año.

El porcentaje de destete, se considera un buen indicador del manejo ganadero en sistemas de cría o mixtos. El valor resume el resultado del

manejo del rodeo de bovinos o majadas de ovinos en los aspectos nutricionales, reproductivos y sanitarios. Para los predios de Santa Cruz con bosques de ñire el promedio del indicador **eficiencia productiva ganadera** (Fig. 1) fue de 3,45 puntos para bovinos (95% de destete) y de 3,13 puntos para ovinos (88-92% de señalada). Es posible mejorar el índice a través de un plan de manejo animal como el ajuste de carga para lograr un buen estado corporal de los vientres al momento del parto), evitar retención de vientres que no parieron en el año (muchas veces poco fértiles) y deficiencia de los toros, aplicar suplementación estratégica, entre otros.

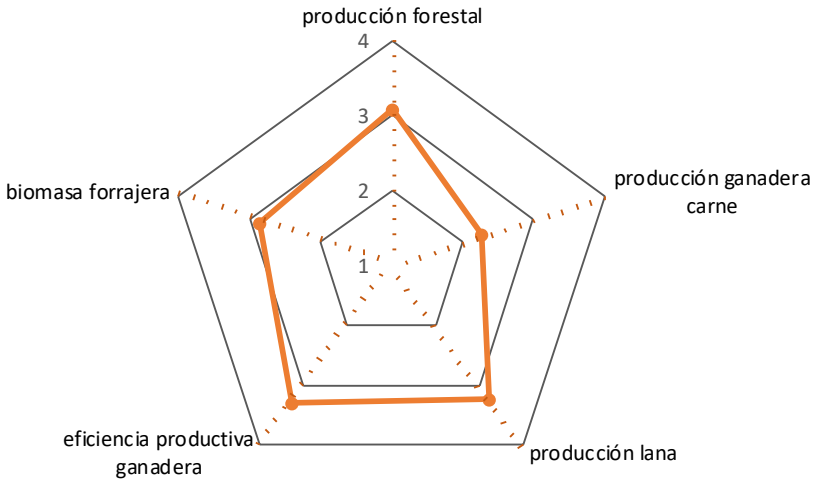


Figura 1. Valoración media de indicadores productivos para el monitoreo a escala predial de los planes MBGI en establecimientos con bosque de ñire en la provincia de Santa Cruz, Patagonia, Argentina.

La propuesta silvícola en MBGI combina criterios económicos y ecológicos que contempla la intensidad de los raleos y aspectos relacionados a la continuidad del estrato arbóreo teniendo en cuenta las interacciones positivas y negativas entre los componentes árboles, pasturas y ganado. La realización de raleos tiene por objetivo incrementar el crecimiento y la calidad maderera del dosel remanente, mantener la cobertura dentro de los límites de manejo aumentando la oferta forrajera y la obtención de productos madereros (Peri *et al*., 2016 a, b). Para los bosques de ñire, se generó un índice de densidad de rodal, independiente de la edad del rodal y la calidad de sitio, como una herramienta biométrica para determinar intensidades de raleo de modo de alcanzar diferentes coberturas arbóreas bajo un uso silvopastoril (Ivancich *et al*., 2009). Basado en la superficie productiva de bosque del predio, los datos de inventario forestal, la intensidad de raleo y los incrementos volumétricos para diferentes calidades de sitio u estado del bosque, se propuso utilizar el criterio de posibilidad del bosque. Es decir, la posibilidad se define como el producto maderero que se puede extraer de un bosque, de modo que se mantenga una tasa de extracción uniforme del mismo a lo largo del tiempo coincidente con la tasa de crecimiento de la masa

forestal del predio. El promedio del indicador **aprovechamiento forestal (m³/año) del predio** fue de 3,08 puntos (Fig. 1), lo cual representa un 5% superior respecto a la posibilidad del bosque. Por otro lado, en los establecimientos evaluados, no se registró actividad para el indicador **productos forestales no madereros (PFNM)**.

Indicadores ambientales

Para los predios de Santa Cruz con bosques de ñire el promedio del **indicador regeneración de las especies arbóreas** fue de 2,42 puntos (Fig. 2), lo cual determina que la densidad de renovales es mínima para garantizar la continuidad del estrato arbóreo con ganadería integrada en rodales en fase maduras. Para los bosques de ñire en Patagonia Sur, la valoración de 3 (buena regeneración) representaría rodales en fase de envejecimiento con regeneración inicial no ramoneada de 300 individuos/ha y 150 individuos/ha de regeneración avanzada. La cantidad de regeneración "adecuada" para una situación en particular, dependerá de la composición original de la comunidad, de la composición objetivo del manejo y del momento del ciclo forestal en que se realiza el monitoreo. En general, la regeneración es un proceso muy variable, especie específico, que depende de años de alta producción y germinación de semillas, y de años de escasa producción, generando cohortes a veces distanciadas en el tiempo (Peri *et al*., 2006a; Bahamonde *et al*., 2018). Por otro lado, el efecto del pisoteo, ramoneo y competencia por parte de los pastos son en muchos casos los factores desencadenantes de la falta de regeneración.

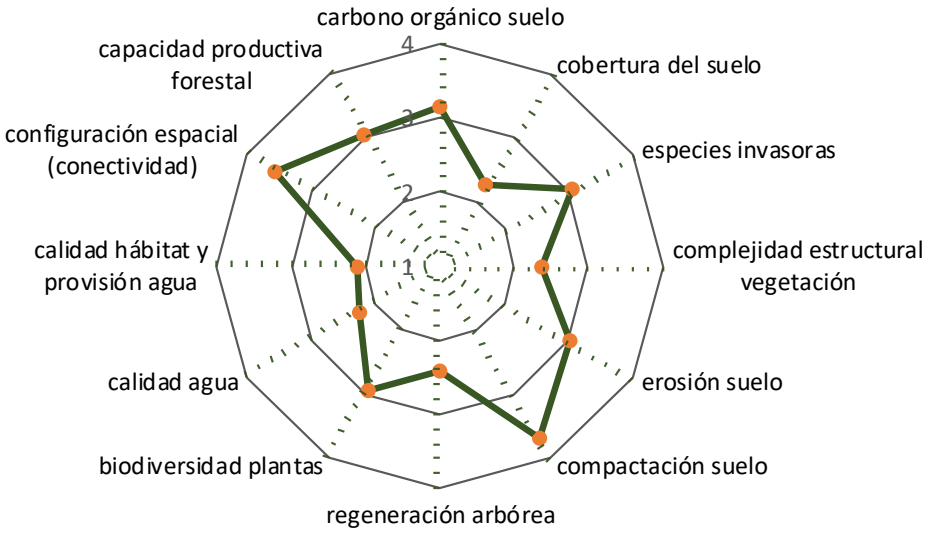


Figura 2. Valoración media de indicadores ambientales para el monitoreo a escala predial de los planes MBGI en establecimientos con bosque de ñire en la provincia de Santa Cruz, Patagonia, Argentina.

El promedio del indicador **diversidad de plantas vasculares** fue de 2,93 puntos (Fig. 2). El mantenimiento de la diversidad de las plantas es clave para los demás eslabones de la cadena trófica. Como verificador se utilizó el índice de similitud de Sorensen, que estima la diversidad beta entre hábitats, o sea el grado de reemplazo de especies o cambio biótico a través de gradientes ambientales (Vetesse *et al*. 2019). El índice toma valores entre "0" y "1", siendo "0" cuando no existe ninguna coincidencia en la composición específica de las comunidades y "1" cuando las comunidades tienen composición específica idéntica. El valor determinado para los establecimientos ganaderos evaluados representa un rango de índice de similitud entre 0,50 y 0,75. El rango más frecuente de diversidad de especies predominante del sotobosque de los bosques de ñire de Santa Cruz es el de 11 a 20 especies por rodal. Sin embargo, hubo rodales en que se relevó un máximo de 42 especies. En general, los bosques más abiertos (cobertura arbórea menores a 40%) presentaron mayor diversidad de especies en el estrato arbustivo y herbáceo, mientras que los bosques más húmedos y más cerrados (cobertura arbórea mayores a 70%) presentaron una menor estratifcación del sotobosque.

El indicador de la **cobertura del suelo y estratos inferiores del sotobosque** es relevante ya que está asociado a los hábitats para la biodiversidad, a la producción de forraje, los ciclos bioquímicos y procesos de erosión. Por ejemplo, el retorno anual de materia orgánica y minerales al suelo en los bosques caducifolios de ñire se produce a través de la caída de la hojarasca (1300 a 2000 kg MS/ha/año) siendo uno de los principales aportes de nutrientes al rodal y determinando los procesos del reciclaje (descomposición y mineralización) de los mismos en el sistema silvopastoril (Bahamonde *et al*., 2012a, 2013, 2015; Peri *et al*., 2006b, 2008 a, b). Por otro lado, para el área destinada a pastoreo, la producción del sotobosque en sistemas silvopastoriles de ñire en la región patagónica depende de la cobertura de especies forrajeras que tiene relación directa con la cobertura del dosel arbóreo, y con la temperatura y régimen hídrico interactuando con los diferentes niveles de sombra (Bahamonde *et al*., 2012b; Peri *et al*., 2005). Además, la presencia y cobertura de residuos leñosos (troncos y ramas >10 cm) en el suelo proveen de micro-hábitats como refugio de fauna y fuente de alimentación de micro organismos, artrópodos y la fauna asociada (Rusch y Varela, 2019). Para los predios de Santa Cruz con bosques de ñire el promedio de este indicador fue de 2,25 puntos, lo cual representa una cobertura mayor al 50% de especies forrajeras para el área de producción con ganadería y aprovechamiento forestal, y para las áreas de conservación coberturas de

16% suelo desnudo, 10 % residuos leñosos, 28 % hojarasca, 10 % especies forrajeras exóticas.

El indicador **especies invasoras como indicadoras de degradación** en promedio fue de 3,05 (Fig. 2), representando un valor moderado con coberturas inferiores al 12%, aunque hay zonas como los bosques del área de Río Turbio con valores severos de invasión. El principal impacto de las especies invasoras exóticas es la reducción de la biodiversidad del sotobosque y de la producción y calidad del forraje. También cuando invaden un rodal, estas especies limitan el desarrollo de la regeneración al ocupar físicamente la superficie del bosque. Por ejemplo, para Patagonia Sur se definió que un rodal de ñire presenta un cuadro invasivo de *Hieracium praealtum* (hierba perenne con rizomas y estolones) cuando la producción de biomasa del sotobosque disminuye en un 20-25% (o más) o la biodiversidad de especies disminuye en un 15% (Peri y Ormaechea, 2013).

Los establecimientos ganaderos de Santa Cruz con bosques de ñire presentaron un valor promedio del indicador **complejidad estructural de la vegetación** de 2,37 puntos. Es un indicador de biodiversidad bajo el supuesto de que la heterogeneidad espacial está asociada con diversidad de nichos (Warfe *et al.*, 2008). Es un indicador compuesto por dos índices que reflejan la distribución horizontal de la vegetación (Índice de Heterogeneidad Horizontal, IHHV) y la distribución vertical de la vegetación (Índice de Heterogeneidad Vertical, IHVV). Por expresar la ocupación espacial de la vegetación, el indicador también está relacionado a la eficiencia del uso de los recursos (luz, agua y nutrientes) para la producción. El valor de los verificadores (IHHV/IHVV o valores de cobertura por estrato) debería acercarse a los valores de la fisonomía que se corresponda con su sitio ecológico y en el estado que preste mayores servicios ecológicos. Si la fisonomía que corresponde al sitio ecológico del predio (o sector del predio) se corresponde a un bosque alto de ñire, los valores de referencia para valorar el indicador serán los valores que presenta el bosque al inicio del plan y el valor que asumen los verificadores para un bosque alto en buen estado. La calificación entre 1 y 4 se adjudicó considerando al 1 como como valor que indica un mal desempeño del indicador (los valores en el tiempo se alejan de los valores de referencia) y 4 como valor que indica un muy buen desempeño del indicador, cuando la trayectoria de los valores de los verificadores en monitoreos sucesivos se acercan a los valores de un bosque en buen estado de conservación.

Para el indicador **capacidad productiva forestal**, el promedio fue de 3,05 puntos (Fig .2), lo cual determina un buen estado estructural y capacidad productiva de los bosques (1,6-1,8 m^3/ha/año), considerando que

mayoritariamente (91%) se desarrollan en una clase de sitio V (altura de los árboles dominantes menor a 8 m) (Peri y Ormeachea, 2013).

Entre los principales servicios ambientales de los bosques nativos se incluye la capacidad de fijación de gases de efecto invernadero. Dada la extensa área de tierra actualmente gestionada como sistemas de producción de rumiantes en Patagonia, el potencial para la mitigación del cambio climático a través del secuestro de C por los sistemas silvopastoriles toma gran relevancia. Para los predios de Santa Cruz con bosques de ñire el promedio del indicador **carbono orgánico del suelo (COS)** (0-10 cm) fue de 3,16 puntos. En Patagonia Sur, basado en el modelo de Estados y Transiciones, el principal sitio ecológico para ñirantales de Santa Cruz que representan el 80% de su superficie (159.720 ha) se desarrollan en una clase de sitio V (altura media de los árboles dominantes < 8 m), con temperatura media anual de 5,0-6,2 ºC, precipitaciones de 280- 600 mm, Evo de 950-1650 mm/año, Pendiente de 0° a 5º, altitud < 450 msnm, profundidad efectiva del suelo de 0,4-0,6 m y capacidad retención hídrica (capacidad de campo a 0,3 m profundidad) de 50 a 60%. El contenido de COS (0-10 cm) para el estado de referencia o la condición de mayor integridad del bosque de ñire para ese sitio ecológico es de 15,1-17,6 tn C/ha (Peri *et al*., 2017b).

El suelo es el sostén de la producción forestal, ganadera, de alimentos y de los usos múltiples del bosque. La degradación más importante está vinculada al riesgo de erosión de los suelos con la consecuente pérdida de materia orgánica, fertilidad natural y la capacidad productiva de los campos. En Patagonia, la erosión del suelo es un proceso degradativo que disminuye la productividad del sistema productivo la cual puede ser provocada por un manejo inadecuado como la remoción excesiva de la cobertura vegetal. Para los predios de Santa Cruz con bosques de ñire el promedio del indicador de **erosión de suelo** fue de 3,04 puntos (Fig. 2), lo cual determina poca superficie de erosión en potreros con ñire (presencia de erosión laminar en una superficie < 10%).

Dependiendo de la textura de los suelos, la compactación por tránsito de animales en ocasiones puede tener efectos nocivos sobre la aireación del suelo, modificando la disponibilidad de agua y nutrientes a las plantas. El efecto de la presión que se observa mayormente en los 5 a 10 cm superficiales, es la eliminación de los poros de mayor tamaño (llenos de aire), lo cual incrementa la densidad aparente. Este efecto puede aumentar la capacidad de retención de agua de los suelos, al reemplazar los poros de mayor tamaño, por poros de menor tamaño (Sharrow, 2007). El promedio del indicador **compactación del suelo** fue de 3,68 puntos (Fig. 2), lo cual determina poca compactación de los suelos (0-10 cm) en potreros con

ganadería, determinado con un aumento de la densidad aparente < 10 % respecto al bosque de referencia.

La configuración espacial y el tamaño de los elementos del paisaje predial son determinantes del nivel de provisión de servicios ecosistémicos de soporte y de biodiversidad. Para los planes MBGI, se identificaron los elementos parches de bosque, áreas de no-bosque y corredores de bosque. En la región patagónica, la heterogeneidad natural de la vegetación, amplificada por diferentes historias de uso e incendios, provocan una diversidad de estructuras vegetales. Comparando los índices (en promedios y variabilidad) de parches de vegetación observados y parches de referencia de bosque conocido (elegido dentro del mismo sitio ecológico que el parche observado y que cumpla con las definiciones locales de bosque), se definió en cada mapa predial (densidad mínima de un punto al azar cada 200 hectáreas), la ubicación y extensión de los elementos bosque, no-bosque y corredores de bosque (Basualdo *et al*., 2019). Los establecimientos ganaderos con bosques de ñire presentaron un valor promedio de 3,56 puntos para el indicador configuración espacial y superficie a nivel de predio (Fig. 2), lo cual determina una muy buena configuración espacial de paisaje donde menos del 20% de los puntos de observación tienen una configuración espacial poco adecuada.

Uno de los servicios ambientales más importantes que prestan los ambientes boscosos es su efecto positivo sobre calidad del agua y la regulación de los cuerpos y cursos de ríos y arroyos (FAO, 2008). En este sentido son tres los elementos centrales a tener en cuenta en la evaluación: el cuidado de las cabeceras de cuenca, el de los márgenes de cursos y cuerpos de agua y la cobertura de las laderas. Basado en el índice de valoración de hábitat para ríos de montaña desarrollado por Miserendino (2005) se utilizó 2 variables de fácil evaluación visual, que definen la calidad de un curso de agua: la estabilidad de su ribera y la protección de la ribera por plantas nativas. Para determinar la estabilidad de la ribera se observó la exposición de raíces y suelos, bancos desprotegidos por falta de vegetación y erosión por pisoteo de ganado. Para el grado de protección vegetal de la ribera, se tuvo en cuenta las características de la vegetación arbórea nativa del área ribereña y en el tipo de arroyo. El promedio del indicador calidad de hábitat y de provisión de agua fue de 2,11 puntos (Fig. 2), lo cual resalta la importancia de mantener coberturas arbóreas que mejoren la infiltración del agua y reduzca la escorrentía superficial, como así también evitar el acceso de los animales a los márgenes de cuerpos y cursos de agua para evitar la destrucción de los taludes. Así, mientras mayor sea la degradación del suelo menor será la posibilidad de sostener una cobertura vegetal, generándose una retroalimentación positiva que incrementa la erosión y la respuesta hidrológica (menor tiempo de espera) a un evento de precipitación.

Los cursos y cuerpos de agua son de alto valor por la importancia del agua como recurso de consumo humano y animal. En este sentido, existen antecedentes de efectos del ganado como (i) disminución de la escorrentía superficial por compactación del suelo debido a altas cargas animales lo cual genera una mayor deposición de material orgánico sobre los cauces (Lowrance *et al*., 2002); (ii) aumento de nitrógeno (N) y fósforo (P) por deyecciones animales (heces y orina) ya sea por lavado o deposiciones directas cuando los animales beben en los cursos de agua (Zaimes y Schultz, 2002). En cada punto de muestreo se realizó los siguientes análisis de **calidad de agua en ríos y arroyos** según a los métodos establecidos en estándares internacionales descriptos en Eaton *et al*. (2005): nitratos (Método SM 4500 B), sólidos suspendidos disueltos totales (SS) (Método SM 2540 B), bacterias coliformes (BC) y presencia de *Escherichia coli* (Método IMVIC) (Método SM 9221). Para los predios de Santa Cruz con bosques de ñire el promedio de este indicador fue de 2,24 puntos, lo cual resalta que los sólidos suspendidos, nitratos y dureza fueron los parámetros que fueron mayores en los lugares con uso ganadero en bosques de ñire. Esto sugiere que debería prestarse especial atención a los sitios en donde los animales acceden a los cursos de agua, evitando que los mismos ingresen de manera indiscriminada.

Indicadores socio-económicos

Al abordar los indicadores sociales de la sustentabilidad para MBGI es importante tener en cuenta el carácter heterogéneo de éstos y los procesos de cambio que involucran a la sociedad. Debido a que el indicador **grado de satisfacción** por parte de los productores está determinado por la subjetividad del concepto, fue necesario "objetivar" la encuesta en el momento de inicio del proceso de elaboración del plan MBGI. Los satisfactores podrían referirse por ejemplo a: (i) mejora de la autoestima del o de los productores, (ii) incorporación y/o reconocimiento de mujeres y jóvenes en función productiva, (iii) recuperación de prácticas culturales y valorización de destrezas locales, (iv) valorización de productos tradicionales, (v) posicionamiento social del o de los productores, (vi) facilidad para incorporar las nuevas actividades, y (vii) mejora en los ingresos familiares. Para los predios de Santa Cruz con bosques de ñire el promedio de este indicador fue de 2,07 puntos (Fig. 3). Este indicador hizo referencia a la valoración de la "condición del productor", es decir como el productor califica su condición en relación al manejo predial.

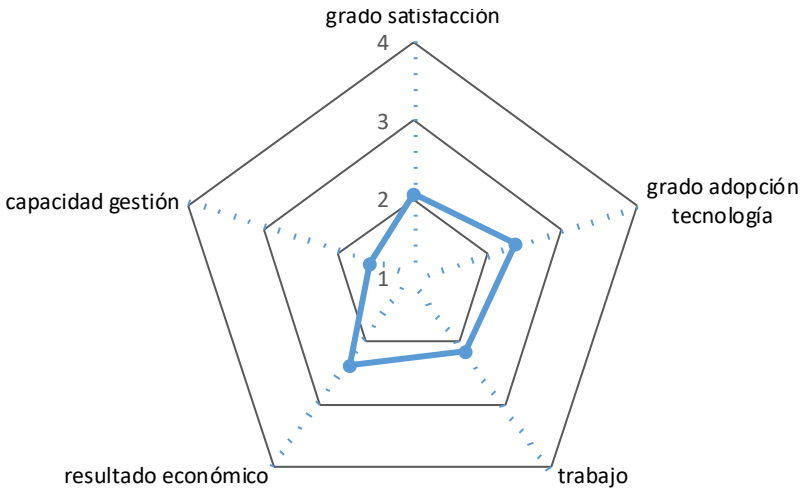


Figura 3. Valoración media de indicadores socio-económicos para el monitoreo a escala predial de los planes MBGI en establecimientos con bosque de ñire en la provincia de Santa Cruz, Patagonia, Argentina.

Una de las claves en la adopción de las tecnologías es el acompañamiento y los métodos de la transmisión. El manejo adaptativo como marco de MBGI y las experiencias de investigación/experimentación participativa constituyen herramientas adecuadas para poder transmitir la complejidad de la tecnología y el éxito de su adopción. Para facilitar la interpretación del indicador **grado de adopción de tecnologías**, se sugiere desdoblar el Plan de Manejo MBGI en sus componentes por actividad (forestal, ganadera) (Sánchez Toledano *et al*., 2013). Algunos verificadores que pueden ser de utilidad para valorar el indicador son: (i) grado de participación en el diseño del plan por parte del productor, (ii) apropiación del plan por parte del productor, (iii) inversión en el plan, y (iv) introducción de adaptaciones por parte del productor dentro del marco de la sustentabilidad. Para los establecimientos evaluados el promedio de este indicador fue de 2,38 puntos (Fig. 3), lo cual determina una adopción media o moderada de tecnologías.

El indicador **trabajo** se fundamenta en el consenso de que el trabajo es fuente de bienestar a nivel socio-económico y comunitario (Harshaw *et al*., 2009). A través de este indicador se explora la cantidad y calidad de trabajo generado por la unidad productiva que implementa el plan de manejo MBGI. En este marco, fue importante contar con un registro donde figure la cantidad y el rol/función de cada uno de los trabajadores de la unidad de producción, el tipo (asalariado o mano de obra familiar) y la variación anual o temporal en la cantidad de puestos de trabajo. Para los predios de Santa Cruz con bosques de ñire el promedio de este indicador fue de 2,15 puntos (Fig. 3), lo cual determina que el trabajo en los últimos 5 años mantuvo estable la cantidad y calidad del trabajo.

El resultado económico de un Plan Predial se evalúa a través de diferentes verificadores, dependiendo de la tipología del productor y la posibilidad de acceder a registros que posibiliten su cálculo. Para valorar el indicador **resultado económico** se toma como punto de referencia a la situación inicial del verificador (valor al momento "0") y un valor objetivo (valor del verificador que se propone alcanzar en el Plan de Manejo MBGI) que puede estar expresado como un aumento porcentual del valor en el inicio del plan en el predio. Se calificó al indicador entre un valor de 1 (mal desempeño de este indicador) y 4 (muy buen desempeño del indicador), dependiendo de que el verificador se mantenga o empeore con respecto a la situación inicial, mejore levemente sin alcanzar los objetivos o los supere. Para los predios de Santa Cruz con bosques de ñire el promedio de este indicador fue de 2,38 puntos, principalmente basado en el margen bruto (Fig. 3).

La aplicación de los 7 lineamientos técnicos de MBGI requiere en muchos casos de inversiones (alambrado para separación de ambientes, manejo del acceso del agua, suplementación invernal para animales, prevención y control de incendios forestales). En este contexto, las posibilidades y condiciones de financiamiento constituyen un factor muy importante, ya sea desde una perspectiva de corto plazo (financiamiento gastos raleos y comercialización), o desde los requerimientos de inversión de largo plazo (financiamiento para renovar el parque de maquinarias, realizar mejoras, adquirir nuevas instalaciones o poner en marcha nuevas alternativas productivas). El promedio del indicador **capacidad de gestión** fue de 1,57 puntos (Fig. 3), lo cual representa que la implementación del Plan de Manejo, se mantuvo o mejoró levemente respecto al acceso a créditos o subsidios, el acceso a nuevas tecnologías y la gestión de riesgos o contingencias respecto a la situación previa.

Conclusiones

La importancia de contar con un conjunto de indicadores prediales permitirá a los productores y técnicos realizar una evaluación y seguimiento del manejo MBGI en el campo, e identificar los desvíos existentes respecto de lo planificado, así como ajustar sus objetivos y las estrategias de intervención para mejorar los resultados de la ejecución. Es decir, esta propuesta hace posible el manejo adaptativo en la práctica. También la información proveniente del monitoreo de los indicadores MBGI es de importancia para la Dirección de Bosques del Consejo Agrario Provincial (CAP) de Santa Cruz en la gestión de los bosques nativos junto al Comité Técnico Provincial MBGI, en el contexto de contar con una línea de base, evaluar el impacto de los Planes de Manejo sobre los principales procesos naturales en el estado de conservación de los bosques y en la calidad de vida de la población asociada a ellos.

Bibliografía

Bahamonde, H., Peri, P.L., Alavarez, R., Barneix, A., Moretto, A., Martínez Pastur, G., 2012a. Litter decomposition and nutrients dynamics in *Nothofagus antarctica* forests under silvopastoral use in Southern Patagonia. Agroforestry Systems 84, 345-360.

Bahamonde, H., Peri, P.L., Alavarez, R., Barneix, A., Moretto, A., Martínez Pastur, G., 2012b. Producción y calidad de gramíneas en un gradiente de calidades de sitio y coberturas en bosques de *Nothofagus antarctica* (G. Forster) Oerst. en Patagonia. Ecología Austral 22, 62-73.

Bahamonde, H., Peri, P.L., Alavarez, R., Barneix, A., Moretto, A., Martínez Pastur, G., 2013. Silvopastoral use of *Nothofagus antarctica* in Southern Patagonian forests, influence over net nitrogen soil mineralization. Agroforestry Systems 87, 259-271.

Bahamonde, H.A., Peri, P.L., Martínez Pastur, G., Monelos, L., 2015. Litterfall and nutrients return in *Nothofagus antarctica* forests growing in a site quality gradient with different management uses in Southern Patagonia. European Journal of Forest Research 134, 113–124.

Bahamonde, H., Lencinas, M.V., Martínez Pastur, G., Monelos, L., Soler, R., Peri, P.L., 2018. Ten years of seed production and establishment of regeneration measurements in *Nothofagus antarctica* forests under different crown cover and quality sites, in Southern Patagonia. Agroforestry Systems 92, 623-635.

Basualdo, M., Huykman, N., Volante, J.N., Paruelo, J.M., Piñeiro, G., 2019. Lost forever? Ecosystem functional changes occurring after agricultural abandonment and forest recovery in the semiarid Chaco forests. Science of the Total Environment 650, 1537-1546.

Eaton, A.D., Clesceri, L.S., Rice, E.W., Greenberg, A.E., Franson, M.A.H., 2005. Standard Methods, for the Examination of Water & Wastewater- 21st edition, American water work association, US, pp. 1368.

FAO, 2008. Forests and Water: A thematic study prepared in the framework of the Global Forest Resources Assessment 2005. Roma, pp. 92.

Harshaw, H.W., Sheppard, S., Jeakins, P., 2009. Public attitudes toward sustainable forest management. Journal of Ecosystems and Management 10(2), 81-103.

Ivancich, H., Soler Esteban, R., Martinez Pastur, G., Peri, P.L., Bahamonde, H., 2009. Índice de densidad de rodal aplicado al manejo silvopastoril en bosques de ñire (*Nothofagus antarctica*) en Patagonia Sur. Actas Primer Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Ediciones INTA, Posadas, Misiones, pp. 245-250.

Lowrance, R., Dabney, S., Shultz, R., 2002. Improving water and soil quality with conservation buffers. J. Soil Water Conserv. 57, 36-43.

Miserendino, L., 2005. Guía de Campo Índice de Valoración de Hábitat para Ríos de Montaña. CIEFAP-GTZ-DGByP-UNPSJB, 16 pp.

Navall, M., Peri, P.L., Merletti, G., Monaco, M., Carranza, C, Medina, A., 2016. Acuerdo MBGI: Una iniciativa para devolver el significado a los Sistemas Silvopastoriles sobre bosques nativos. Quipu Forestal 2, 20-21.

Ormaechea, S., Peri, P.L., Molina, R., Mayo, J.P., 2009. Situación y manejo actual del sector ganadero en establecimientos con bosque de ñire (*Nothofagus antarctica*) de Patagonia Sur. Actas Primer Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, Posadas, Misiones, pp. 385-393.

Peri, P.L., Sturzenbaum, M.V., Monelos, L., Livraghi, E., Christiansen, R., Moretto, A., Mayo, J.P., 2005. Productividad de sistemas silvopastoriles en bosques nativos de ñire (*Nothofagus antarctica*) de Patagonia Austral. Actas III Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano, Corrientes, 10 pp.

Peri, P.L., Monelos, H.L., Bahamonde, H.A., 2006a. Evaluación de la continuidad del estrato arbóreo en bosques nativos de *Nothofagus antarctica* bajo uso silvopastoril con ganado ovino en Patagonia Sur, Argentina. Actas IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Pecuaria Sostenible, Varadero, Cuba, 6 pp.

Peri, P.L.; Gargaglione, V.; Martínez Pastur, G., 2006b. Dynamics of above- and below-ground biomass and nutrient accumulation in an age sequence of *Nothofagus antarctica* forest of Southern Patagonia. Forest Ecology and Management 233, 85-99.

Peri, P.L., Gargaglione, V., Martínez Pastur, G., 2008a. Above- and belowground nutrients storage and biomass accumulation in marginal *Nothofagus antarctica* forests in Southern Patagonia. Forest Ecology and Management 255, 2502-2511.

Peri, P.L., Bahamonde, H., Monelos, L., Martínez Pastur, G., 2008b. Producción de hojarasca en bosques primarios y bajo manejo silvopastoril de *Nothofagus antarctica* en la provincia de Santa Cruz, Argentina. Actas Segunda Reunión sobre Nothofagus en la Patagonia – EcoNothofagus, pp. 149-155.

Peri, P.L., 2009a. Evaluación de pastizales en bosques de *Nothofagus antarctica* – Método Ñirantal Sur. Actas Primer Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, Ediciones INTA, Posadas, Misiones, pp. 335-342

Peri, P.L., 2009b. Método Ñirantal Sur -San Jorge: una herramienta para evaluar los pastizales naturales en bosques de ñire. Carpeta Técnica EEA INTA Santa Cruz, Sección 9, Producción Animal. Edición EEA Santa Cruz. pp. 33-38

Peri, P.L., 2012. Implementación, manejo y producción en SSP: enfoque de escalas en la aplicación del conocimiento aplicado. Actas Segundo Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, Ediciones INTA, Santiago del Estero, Argentina, pp. 8-21.

Peri, P.L., Ormaechea, S., 2013. Relevamiento de los Bosques Nativos de Ñire (*Nothofagus antarctica*) en Santa Cruz: Base para su Conservación y Manejo, Ediciones INTA, Buenos Aires, 88 pp.

Peri, P.L.; Bahamonde, H.; Lencinas, M.V.; Gargaglione, V.; Soler, R.; Ormaechea, S.; Martínez Pastur, G., 2016a. A review of silvopastoral systems in native forests of *Nothofagus antarctica* in southern Patagonia, Argentina. Agroforestry Systems 90, 933-960.

Peri, P.L., Hansen, N.E., Bahamonde, H.A., Lencinas, M.V., Von Müller, A.R., Ormaechea, S., Gargaglione, V., Soler, R., Tejera, L.E., Lloyd, C.E., Martínez Pastur, G., 2016b. Silvopastoral systems under native forest in Patagonia Argentina. En: Peri, P.L., Dube, F., Varella, A. (Eds.), Silvopastoral Systems in Southern South America, Advances in Agroforestry, Springer International Publishing, Switzerland, pp. 117-168.

Peri, P.L., López, D.R., Rusch, V., Rusch, G., Rosas, Y.M., Martínez Pastur, G., 2017a. State and transition model approach in native forests of Southern Patagonia (Argentina): linking ecosystemic services, thresholds and resilience. International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management 13(2), 105-118.

Peri, P.L., Banegas, N., Gasparri, I., Carranza, C., Rossner, B., Martínez Pastur, G., Cavallero, L., López, D.R., Loto, D., Fernández, P., Powel, P., Ledesma, M., Pedraza, R., Albanesi, A., Bahamonde, H., Eclesia, R.P., Piñeiro, G., 2017b. Carbon sequestration in temperate silvopastoral systems, Argentina. En: Montagnini, F., (Ed.), Integrating Landscapes: Agroforestry for Biodiversity Conservation and Food Sovereignty, Advances in Agroforestry 12, Springer International Publishing, Switzerland, pp. 453-478.

Peri, P.L., Fermani, S., Monaco, M., Rosales, V., Díaz, F., Collado, L., Torres ,S.C., Ceballos, E., Soupet, J., Perdomo, M., Soto Castelló, A., Antequera, S., Navall, M., Tomanek, E., Colomb, H., Borrás, M., 2018. Manejo de bosques con ganadería integrada (MBGI) en Argentina. Actas IV Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Ediciones INTA, Villa La Angostura, Neuquén, pp. 724-748.

Peri, P.L., Rusch, V., Von Muller, A., Varela, S., Quinteros, P., Martínez Pastur, G., 2021. Manual de Indicadores para Monitoreo de Planes Prediales de Manejo de Bosque con

INICIO
CRÉDITOS
COMITÉS
CONTENIDO
SECCIÓN I
SECCIÓN II
SECCIÓN III
SECCIÓN IV

Ganadería Integrada – MBGI Región Patagónica. Editorial INTA-MayDS, Buenos Aires, pp.167.

Rusch, V., Varela, S., 2019. Bases para el Manejo de Bosques Nativos con Ganadería en Patagonia Norte. Buenos Aires, Ediciones INTA, pp. 160.

Sánchez Toledano, B.I., Zegbe Domínguez, J.A., Rumayor Rodríguez, A.F., 2013. Propuesta para evaluar el proceso de adopción de las innovaciones tecnológicas. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 4, 855-868.

Sharrow, R., 2007. Soil compaction by grazing livestock in silvopastures as evidenced by changes in soil physical properties. Agroforestry Systems 71, 215-223.

Vettese, E.S., Orellana Ibáñez, I.A., Lencinas, M.V., Martínez Pastur, G., Peri, P.L., 2019. Diversidad de plantas vasculares en bosques continuos y relictuales de *Nothofagus antarctica* (Nothofagaceae) en Patagonia Austral. Anales del Instituto de la Patagonia 47(1), 31-53.

Warfe, D.M., Barmuta, L.A., Wotherspoon, S., 2008. Quantifying habitat structure: surface convolution and living space for species in complex environments. Oikos 117, 1764–1773.

Zaimes, G.N., Schultz, R.C., 2002. Phosphorus in Agricultural Watersheds, a Literature Review. Department of Forestry, Iowa University, Ames, Iowa. 116 pp.

Los sistemas silvopastoriles como herramienta para la restauración de paisajes

Silvopastoral systems as a tool for forest landscape restoration

A. Calle Díaz; K.D. Holl; Z. Calle Díaz; L.E. Méndez Vargas

The Nature Conservancy. Calle 67 No. 94 Piso 3, Bogotá, Colombia. alicia.calle@TNC.ORG

Resumen

Para cumplir con sus ambiciosos compromisos de restauración de paisajes forestales, los países latinoamericanos deberán transformar vastas áreas de sistemas ganaderos extensivos que actualmente son una de las principales causas de degradación ambiental. En los últimos años, los sistemas silvopastoriles (SSP) han surgido como una alternativa gana-gana amigable con la conservación, y numerosos estudios de corto plazo y pequeña escala respaldan sus múltiples beneficios. Sin embargo, no existe una evaluación rigurosa del valor de conservación de los SSP a una escala temporal y espacial más amplia. Esta presentación analiza los resultados de tres estudios diferentes que evalúan el potencial de los SSP como herramienta para restaurar paisajes ganaderos degradados mediante el análisis de los impactos ecológicos y sociales de un proyecto antiguo y uno reciente implementados en Colombia. En el primer estudio usamos imágenes satelitales de alta resolución para cuantificar los impactos a escala del paisaje sobre la cobertura arbórea de un proyecto que utilizó pagos por servicios ambientales (PSA) de corto plazo para incentivar la adopción de SSP. En el período de 13 años desde que comenzó el proyecto, la cobertura arbórea tuvo un aumento significativamente mayor en las fincas silvopastoriles que en las fincas circundantes no participantes, lo que demuestra el potencial para lograr mejoras duraderas en la cobertura arbórea a través de pagos de corto plazo. En el segundo estudio hicimos muestreos de vegetación para comparar la estructura y composición de los bosques jóvenes que se recuperan en sitios previamente pastoreados por más de una década con la de bosques ribereños de referencia existentes en la región. En general, los sitios restaurados se han recuperado como bosques con mayor riqueza de especies, en su mayoría nativas, y difieren de los bosques existentes tanto en estructura como en composición. Los resultados muestran que las tierras liberadas del pastoreo pueden recuperarse y convertirse en bosques que aportan a la conservación de especies en un paisaje altamente transformado, especialmente si los bosques remanentes han sido sujetos a décadas de manejo con otros fines. Finalmente, encuestamos a productores y extensionistas para examinar el alcance, las motivaciones y las barreras que determinan el compromiso de los productores silvopastoriles con las

prácticas orientadas a la restauración. Los resultados destacan el papel de los valores de buen manejo e identidad, así como la importancia del cambio climático como impulsores de la adopción de prácticas sostenibles. Además, sugieren que el apoyo en especie y los incentivos monetarios pequeños y en efectivo pueden ser suficientes para superar las barreras que impiden la adopción de prácticas más sostenibles. En conjunto, estos trabajos muestran que los SSP pueden ser una herramienta útil para la restauración de paisajes y que, con los incentivos adecuados, los productores silvopastoriles pueden ser socios activos en el escalamiento de la restauración de paisajes forestales en regiones dominadas por la ganadería.

Abstract

To meet their ambitious commitments to Forest Landscape Restoration (FLR), Latin American countries must transition away from the widespread extensive cattle grazing systems that are currently a leading cause of environmental degradation. In recent years, silvopastoral systems (SPS) have been proposed as a win-win conservation-friendly alternative, and numerous short-term and site-based studies support their multiple benefits. However, a rigorous evaluation of their conservation value on broader temporal and spatial scale is lacking. This presentation discusses the results of three different studies that evaluate the potential of SPS as a tool for restoring degraded grazing landscapes by analyzing the ecological and social impacts of previous and recent projects implemented in Colombia. First, we used high resolution satellite images to quantify the landscape-scale impacts on tree cover of a project that used short-term payments for ecosystem services (PES) to incentivize the adoption of SPS. In the 13-year period since the project started, tree cover increased significantly more on silvopastoral farms than in the non-participant surrounding farms, demonstrating the potential for achieving lasting improvements in tree cover through short-term payments. Second, we conducted vegetation surveys to compare the structure and composition of young forests recovering on previously grazed sites for over a decade to that of the existing reference riparian forests across the region. Overall, restored sites have recovered into more species-rich forests that differ from the existing forests in both structure and species composition. The results show that lands released from grazing can recover into forests able to support species conservation in a transformed landscape, especially when the remaining forests have been subject to decades of human management for other purposes. Finally, we conducted surveys with farmers and extension agents to examine the extent, motivations, and barriers that determine silvopastoral farmers' actual and expressed commitment to restoration-oriented practices. The results highlight the role of stewardship and identity values, as well as climate change as drivers of sustainable practice adoption; they also suggest that providing in-kind

support and small cash incentives may suffice to remove the existing barriers. Overall, this work shows that SPS can be a useful addition to the FLR restoration toolkit, and that given the right incentives, silvopastoral farmers can be active partners in scaling-up forest landscape restoration across pasture-dominated regions.

Palabras clave: *cambio de uso del suelo, extensionistas, ganadería, pago por servicios ambientales, percepciones de los productores.*

Keywords: *cattle ranching, extension agents, farmers' perceptions, land use change, payment for ecosystem services.*

Evaluation of CO_2, CH_4, and N_2O soil emissions with real-time cavity ring-down spectroscopy in two different tropical grazing pastures systems

Bizzuti, Beatriz Elisa[1]; Abdalla, Adibe Luiz[1]; Marquez, Simon Perez[2]; Ovani, Vagner[1]; Kruger, Ana Maria[1]; Santos, Alice Raiana Monteiro[1]; Takahashi, Lumena[1]; Lima, Paulo de Mello Tavares[1]; Mauricio, Rogério[3].*

[1]University of São Paulo, CENA/USP – Piracicaba, Brazil, [2]Federal University of Minas Gerais – Belo Horizonte, Brazil, [3]Federal University São João del Rey – São João del Rey, Brazil
e-mail address*:beatrizbizzutti@usp.br

Abstract

Producing food through forage-based systems is the key to find the equilibrium between livestock production and ecosystem conservation. When integrated with trees and shrubs, pastures increase their productivity and resilience, improving the livelihoods of farmers and providing numerous ecosystem services, such as improved soil biodiversity, better use of water, erosion reduction, atmospheric carbon sequestration, and, perhaps, greenhouse gas mitigation. *Tithonia diversifolia* is a promising tropical shrub for animal feeding and grass intercropping. We hypothesized that intercropping the tropical grass *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés and *T. diversifolia* could affect CO_2, CH_4 and N_2O emissions from soil, reducing GHG emissions through ecosystem services. This study aimed at assessing GHG emissions from two tropical forage systems in Brazil; a single grass pasture of *B. brizantha* and *B. brizantha* intercropped with *T. diversifolia*. The study was carried out in an experimental area of Animal Nutrition Laboratory, Center for Nuclear Energy in Agriculture, Piracicaba, São Paulo, Brazil. The climate is humid subtropical (Köppen classification). Greenhouse gas emission flux measurements were performed in June 2021, during five days, using 16 polyvinyl chloride flux chambers randomly distributed in 8 paddocks (4 *B. brizantha* exclusive and 4 *B. brizantha* intercropped with *T. diversifolia*). Gas measurements were conducted for 5 minutes in each chamber and performed between 9:00 to 11:00 AM. A cavity ring-down spectrometer (Picarro® G2508 - Picarro, Inc. Santa Clara, CA) was used to measure CO_2, CH_4 and N_2O concentrations in real-time. The analyzer cavity, the flux chamber, and the connective tubing created a closed system in which gas concentrations changed over time. Gas concentrations were measured with a flow rate of ~230 sccm at a frequency of ~1 measurement/s. The GHG fluxes were calculated taking into account the linear increase of gas concentration during the incubation period, air temperature, pressure, and chamber volume, considering the ideal gas law equation (PV = nrt). Mean soil CO_2 efflux per gram of dry matter of brachiaria ranged from 35 to 45 mg CO_2 m^{-2} h^{-1} in single grass and 26 to 39 mg CO_2 m^{-2} h^{-1} in intercropped grass (Figure 1). During the evaluated period, the soil seemed to be a CH_4 sink. Despite little differences between CH_4 influx of the single grass and intercropped pasture, lower CH_4 values were observed in the latter ($p>0.035$); this may be

associated with *T. diversifolia*'s strong and pivotal roots that can aerate the soil favoring methanotrophic bacteria. Biomass production of *B. brizantha* in both systems can be observed in Figure 1d, higher dry matter production was observed in intercropped pasture ($p>0.036$), which could be associated with the likely improvements in soil-plant interface created by the shrub.

Key words: Carbon dioxide; Picarro; Static chamber; *Tithonia diversifolia*; silvopastoral systems;

Resumen

La producción de alimentos a través de sistemas basados en forrajes es la clave para encontrar el equilibrio entre la producción ganadera y la conservación del ecosistema. Cuando se integran con árboles y arbustos, los pastos aumentan su productividad y resiliencia, mejorando los medios de vida de los agricultores y proporcionando numerosos servicios ecosistémicos; como una mejor biodiversidad del suelo, un mejor uso del agua, reducción de la erosión, secuestro de carbono atmosférico y, tal vez, mitigación de gases de efecto invernadero (GEI). Tithonia diversifolia es un arbusto tropical prometedor para la alimentación animal y su cultivo asociado con pastos. Planteamos la hipótesis de que la asociación de la hierba tropical Brachiaria brizantha cv. Xaraés y T. diversifolia podrían afectar las emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O del suelo, reduciendo las emisiones de GEI a través de servicios ecosistémicos. Este estudio tuvo como objetivo evaluar las emisiones de GEI de dos sistemas de forrajes tropicales en Brasil; un monocultivo de B. brizantha y una asociación de B. brizantha con T. diversifolia. El estudio se llevó a cabo en un área experimental del Laboratorio de Nutrición Animal, Centro de Energía Nuclear en la Agricultura, Piracicaba, São Paulo, Brasil. El clima es subtropical húmedo (clasificación de Köppen). Las mediciones del flujo de emisiones de GEI se realizaron en junio de 2021, por cinco días, utilizando 16 cámaras de flujo de cloruro de polivinilo distribuidas al azar en 8 potreros (4 exclusivos de B. brizantha y 4 de B. brizantha asociados con T. diversifolia). Las mediciones de gases se realizaron durante 5 minutos en cada cámara entre las 9:00 y las 11:00 a.m. Se utilizó un espectrómetro de cavidad ring-down (Picarro® G2508 - Picarro, Inc. Santa Clara, CA) para medir las concentraciones de CO_2, CH_4 y N_2O en tiempo real. La cavidad del analizador, la cámara de flujo y el tubo conector crearon un sistema cerrado en el que las concentraciones de gases cambiaban con el tiempo. Las concentraciones de gases se midieron con un caudal de ~ 230 sccm a una frecuencia de ~ 1 medición / s. Los flujos de GEI se calcularon teniendo en cuenta el aumento linear de la concentración de gas durante el período de evaluación, la temperatura del aire, la presión y el volumen de la cámara, considerando la ecuación de la ley de los gases ideales ($PV = nrt$). El flujo medio de CO_2 del suelo por gramo de materia seca de brachiaria varió de 35 a 45 mg de CO_2 m^{-2} h^{-1} en el monocultivo y de 26 a 39 mg de CO_2 m^{-2} h^{-1} en la pastura asociada

(Figura 1). Durante el período evaluado, el suelo pareció ser un sumidero de CH_4. A pesar de las pequeñas diferencias entre la afluencia de CH_4 del pasto en monocultivo y el pasto asociado, se observaron valores más bajos de CH_4 en este último ($p>0.035$); quizás asociado a las raíces fuertes y pivotantes de T. diversifolia que pueden airear el suelo favoreciendo la presencia de bacterias metanotróficas. La producción de biomasa de B. brizantha en ambos sistemas puede ser observada en la Figura 1d, hubo una mayor producción de materia seca en la pastura asociada ($p>0.036$), lo que podría estar vinculado con las probables mejoras en la interfaz suelo-planta creada por el arbusto.

Palabras-clave: *dióxido de carbono; picarro; cámara estática; Tithonia diversifolia; sistema silvopastoril;*

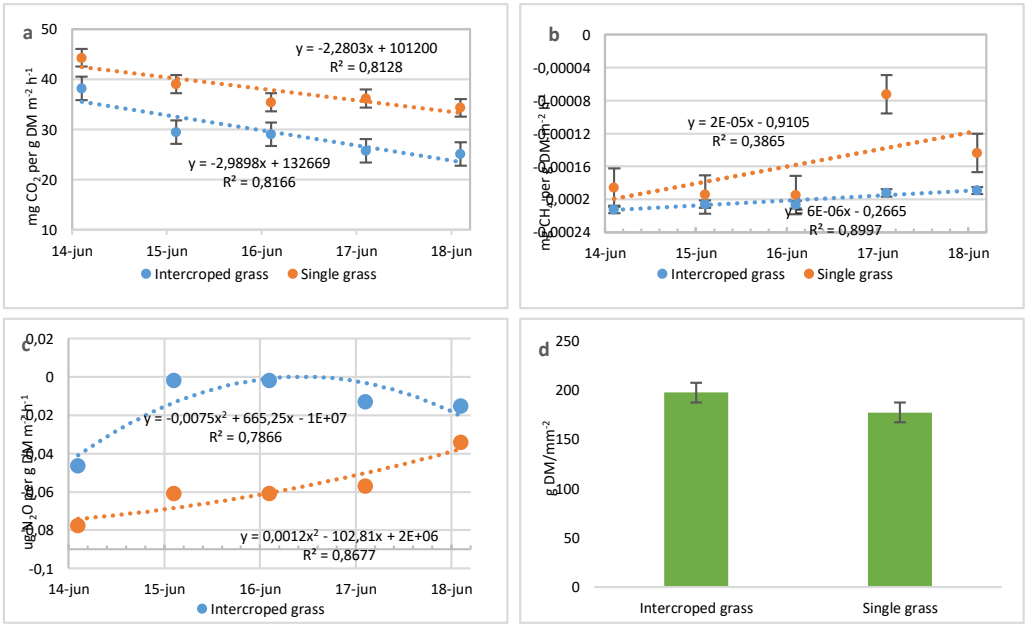


Figure 1. CO_2 (a), CH_4 (b) and N_2O fluxes (c) and *Brachiaria brizantha* biomass production (d).

Potencialidad de obtención de rentas anuales para los componentes forestales de los sistemas agro silvopastoriles en la región NE de Argentina

Potential to obtain annual incomes from the tree component of the agro-silvopastoril systems in the NE region of Argentina

H. E. Fassola; M. E. Gauchat

INTA EEA Montecarlo. Av. El libertador 2472. Montecarlo (3384), Misiones, Argentina.
Tel +54 3751 480 057 /480 512 e-mail: fassola.hugo@inta.gob.ar

Resumen

La obtención de rentas periódicas del componente forestal en los sistemas agro silvopastoriles puede dificultar su adopción. Factores productivos, sociales y ambientales podrían afectar las posibilidades de desarrollo y mercadeo, menoscabando la viabilidad o la estabilidad del sistema en su conjunto. Por ello la consideración de especies forestales que puedan aportar rentas anuales, además de las periódicas ofrecidas en madera, es una opción que debe ser adecuadamente analizada. En la región NEA de Argentina existen alternativas de producción forestal que generan rentas anuales cuyas tecnologías tienen un grado aceptable de desarrollo. Estas son la obtención de aceites esenciales de *Corymbia citriodora* var citriodora y resinas de coníferas, especialmente de *Pinus elliottii*. Ambas tienen amenazas de sustitución, sin embargo, el mercado es demandante para las esencias y aceites. La "química verde" puede potenciar aún más esta demanda.

Palabras clave: *Aceites esenciales, resinas, Corymbia citriodora var citriodora, Pinus elliottii.*

Abstract

Obtaining only periodical incomes from tree component in agro-silvopastoral systems can make its adoption difficult. Productive, social and environmental factors can affect development and marketing possibilities, and in consequence the viability or the stability of the system as a whole. For this reason, the consideration of tree species that can provide annual incomes, apart from the periodic ones that they offer in wood, is an option that should be adequately analyzed. In the NEA region of Argentina, there are alternatives for tree production that generate annual incomes and those alternatives have an acceptable degree of development. These are: the obtention of essential oils from *Corymbia citriodora* var citriodora and coniferous resins, especially from *Pinus elliottii*. Both have threats of substitution, however the market is

demanding and in general for essences and oils, growing demand is expected. Green chemistry can further boost this demand.

Key words: *essential oils, resins, Corymbia citriodora var citriodora, Pinus elliottii*

Introducción

En la región NE de Argentina (NEA), específicamente en las provincias de Misiones y Corrientes, normalmente se asume que en los sistemas silvopastoriles (SSP) o los sistemas agroforestales (SAF), el componente forestal tiene, desde el punto de vista económico financiero, un rol en la generación de rentas periódicas. Esto es así si no se consideran los beneficios ambientales propios de estos sistemas y de las áreas específicas de conservación que destinan los productores en la región o el impacto de las interacciones positivas en las otras producciones del sistema.

En esta región son comunes los sistemas silvopastoriles recurriendo a especies del género *Pinus* spp. o *Eucalyptus* spp. y ambos géneros son ampliamente utilizados por el aglomerado forestal existente. Este aglomerado foresto industrial mantuvo un crecimiento aceptable hasta 2008; aunque a partir de allí por condiciones financieras, tanto internas como internacionales, presentó dificultades para consumir el volumen anual de crecimiento de estas masas forestales. A esto debe añadirse el impacto negativo del bloqueo, por parte de grupos ambientalistas, de la frontera con Uruguay por la instalación allí de una pastera. De esta manera se alejó la posibilidad de inversiones para potenciar el consumo de la producción de rollos de bajo diámetro y subproductos de la industria del aserrado e impulsar la bio economía.

Si bien durante la pandemia, la demanda de productos forestales mejoró, los precios al productor se mantuvieron bajos por la sobreoferta existente. Esto ha afectado negativamente el interés hacia las plantaciones forestales por parte de aquellos productores no integrados a industrias y consecuentemente por los sistemas agro silvopastoriles.

En el caso de los sistemas agroforestales, la combinación de especies forestales nativas o introducidas (Schegg *et al*., 2013; Wyss *et al*., 2015; Munaretto *et al*., 2019) con *Ilex paraguariensis* – yerba mate-, es una tendencia que se está consolidando. Dados los altos retornos de la producción de yerba mate, la componente arbórea tiene relativa importancia, aunque durante períodos de bajos precios de la hoja de esta infusión, en muchos yerbatales se observó que los forestales tuvieran un rol económico más relevante.

A nivel global un hecho significativo y que refleja la gravedad del problema ambiental, es el hecho que, por primera vez en la historia de la humanidad, el peso de la producción de materiales inorgánicos o de síntesis, superó al peso de todos los organismos vivos (Mancuso, 2021). Esto es un elemento más que contribuye a agravar el cambio climático y la destrucción de paisajes naturales, aunque abre una puerta importante a los biomateriales o bio insumos, acrecentando la importancia de la "química verde"[1] o sustentable (Doria, 2009). Más allá de la madera, están los extractivos como, cuya producción merece atención. Según VMR (2021), este es un mercado de poco más de U$S 22 mil millones 2018 y prevé que alcance los U$S 29 mil millones de dólares en 2026.

En ese contexto nacional e internacional la obtención de rentas anuales, que aminoren las fluctuaciones propias de los mercados, no ha sido fuertemente considerada hasta el momento y se focaliza esa renta mayormente en la ganadería, en el caso de los SSP. Si bien algunas de estas opciones están maduras en la región, exigen mayor transferencia y continuidad en los proyectos de investigación. Tal sería el caso de los aceites esenciales de *Corymbia citriodora* var citriodora y la producción de resinas de coníferas, que se describe a continuación.

Aceites esenciales de *Corymbia citriodora* var citriodora

Según VMR (2021) hay expectativa de un marcado incremento de la demanda por aceites esenciales (AE) vegetales para la industria alimenticia, la perfumera o farmacéutica. Unas 8 empresas juegan un rol global en este mercado, que se nutre de unas 300 especies, de las cuales 18 son las más importantes (Bizzo *et al*., 2009).

Entre ellas se encuentra *Corymbia citriodora* var citriodora *(*CCVC) cuyos AE, obtenidos de las hojas y tallos menores a 1 mm, abastecen un mercado internacional donde China, Brasil e India son los actores más relevantes (Dogenski *et al*., 2016). Los extractos de esta especie presentan como componentes principales: terpenos oxigenados, citronelal, citronelol e isopulegol y varios otros compuestos menores, que se extraen de las hojas. El método más empleado en dicho proceso es mediante la destilación con vapor. Sin embargo, aunque tiene un bajo costo operativo, esta técnica utiliza alta temperatura, lo que induce la degradación de compuestos sensibles al calor, hidrólisis y solubilización en agua de algunos compuestos aromáticos. Aparte de dar como resultado un bajo rendimiento y pocos parámetros

[1] Química verde o sustentable: su objetivo es la utilización de un grupo de principios que reducen o eliminan el uso o generación de sustancias peligrosas en el diseño, manufactura y aplicaciones de productos químicos, lo que en muchos casos implica el rediseño de los productos y procesos utilizados (Doria, 2009).

ajustables para controlar la selectividad de extracción. La hidro destilación y la extracción con CO_2 son otros métodos, ofreciendo este último una serie de ventajas en cuanto a la calidad de los extractivos y la posibilidad de nuevos compuestos (Dogenski *et al*., 2016)

El citronelal es un componente principal común, tanto al AE de CCVC como al de citronela (*Cymbopogon winterianus*), especie de cultivo común entre pequeños agricultores del NEA. El contenido de este componente en CCVC es bastante más elevado, entre un 75 a un 85%, mientras que la citronela contiene entre 30 al 45%. Es de resaltar que el citronelal, componente mayoritario, es además un importante producto de partida para la síntesis de terpenoides de mayor importancia comercial (Zambón *et al*., 2015). No debe dejarse de considerar tampoco que el aceite de *Litsea cubeba*, cultivada en China y el citral sintético, han desplazado en parte a la citronela (Arizio y Curioni, 2003).

Si bien en Argentina es factible encontrar parcelas o cortinas de CCVC que datan de antes de la década 1940, sólo hace pocos años se hizo una evaluación metodológicamente acertada del comportamiento de los denominados "spotted gum". En la misma, aparte de CCVC, se incluyó también *C. citriodora* var variegata y *Corymbia maculata* (Lopez y Vera, 2018). El propósito fue evaluar el crecimiento y forma, arrojando *C. citriodora* var variegata los mejores resultados. Hasta el momento no se evaluó los distintos materiales de CCVC en cuanto a rendimiento y calidad de los AE, de manera de seleccionar las progenies de mayor producción. Por esta razón quienes desean material reproductivo recurren al material disponible en plantaciones sin mejoramiento.

La obtención de AE de CCVC en la región NEA no es nueva, pero no está muy difundida. De acuerdo con la información brindada por un productor de la zona de Montecarlo, Misiones, con material genético de la EEA INTA Bella Vista, implantado a 1 x 1,5 m (Foto 1), se obtiene una producción de hojas de 8 a 9 $ton*ha^{-1}*año^{-1}$ en sus primeros 2 años, cosechándolas durante operaciones de poda. A pesar de ser una especie susceptible a bajas temperaturas, ejemplares implantados en octubre de 2019, alcanzaron una altura total superior a los 7 m a los 20 meses de edad, evidenciando una buena adaptación (Foto 2) (Krausemann J[2]. 2021).

[2] Comentario personal



Foto 1: Plantación de *Corymbia* citriodora citriodora a 1 x 1,5 m a los 8 meses



Foto 2: cortina de *Corymbia* var citriodora var var citriodora para citrus de 20 meses

El procesamiento de la materia prima se hace en una pequeña industria con un destilador por corriente de vapor, de una capacidad de aproximada de 1 ton de hoja, que permite obtener operativamente un rendimiento en AE de 5-6 kg *tn^{-1}. El consumo de leña de la caldera es de unos 500 kg por proceso de destilación. El vapor se inyecta al destilador cuando se alcanza unos 2 kg de presión. El precio del destilado en el mercado de Argentina es de aproximadamente U$S*$Kg^{-1}$ 18,00-20,00 (Krausemann J.[3], 2021). Un aspecto relevante es el uso de plataformas de comercio "on line" para comercializar el AE directamente con el consumidor final, en envases de distintos contenidos.

La producción de follaje con este fin, no inhibe la producción maderable. Por la durabilidad natural al aire de la madera de CCVC, en Australia, se le asignó una clase de durabilidad 2 (McCarthy y Cookson, 2008), existiendo la posibilidad de analizar la capacidad de sustituir maderas impregnadas con sustancias como CCA o CCB en estructuras como decks u otras para usos al exterior.

Resinación de *Pinus elliottii*

La obtención de resinas de coníferas es una actividad que se remonta a la antigüedad dada su utilidad para el calafateo de embarcaciones. En la Argentina esta actividad comenzó en los años 70 del siglo XX, en plantaciones de *Pinus elliottii* del NEA (Cetrángolo, 2020).

En la actualidad un 51 % de las resinas provienen de hidrocarburos, un 30% de la industria de pasta de madera (talloil, subproducto en la fabricación de pasta de papel, por el procedimiento Kraft.) y sólo el restante 19 % se obtiene de bosques de pinos (Clopeau y Orazio, 2019). Este contexto genera cierta inestabilidad en los precios, pero deben considerarse tres factores: a) la

[3] Comentario personal

necesidad de disminuir el consumo de hidrocarburos y la huella de carbono, b) la industria celulósica de pasta kraft a nivel mundial sólo exhibe un gran proyecto en Finlandia, el resto se ha orientado hacia pasta de fibra corta; c) el avance de la "química verde".

La resina es una materia prima importante en los más variados segmentos de la industria y está constituida en un 15 % de trementina, un 70 % por colofonia y un 15 % de residuos. La colofonia tiene diversos usos en la industria alimenticia, perfumera, farmacéutica entre otras, aunque últimamente, junto a sus derivados han ganado interés como aditivos biobasados y biodegradables en el sector del plástico (Carrasco et. al., 2019). La producción mundial alcanzó su máximo en 2007,1037 kt; alcanzando en 2016 los 650 ktT. Los principales productores son China, Brasil e Indonesia, seguidos por Vietnam, Argentina y Méjico. Hasta 2016 China era el principal exportador de resinas naturales, aunque a partir de 2017 comenzó a importar, jugando hoy Brasil un rol preponderante en el comercio internacional (Clopeau y Orazio, 2019). En Europa el precio a partir de 2010 superó los U$S*ton^{-1} 1.500 hasta 2016, alcanzando picos de hasta U$S*ton^{-1} 3.500 entre 2010-2011 (Clopeau y Orazio, 2019). Actualmente el precio por tonelada en Brasil alcanza los U$S*ton^{-1} 1.300 luego de una fuerte caída en 2020 (Noticias Agrícolas, 2021).

En cuanto a los costos para la producción primaria de resina en Brasil, a las instalaciones le correspondía del 2 al 5%, a los materiales del 8 al 12%, a las cargas laborales y sociales del 30 al 50% y al arrendamiento de árboles del 20 al 30%. (de Lima, 2009).

Actualmente en Argentina la resinación se desarrolla principalmente en la provincia de Corrientes, sobre unas 40 mil hectáreas implantadas con *P. elliottii* (Rojas, 2021), donde en 2020 las exportaciones provinciales de resina alcanzaron unos U$S 16 millones (El ABC Rural, 2021). Normalmente la resinación comienza cuando los ejemplares de un rodal alcanzan los 16-18 cm de diámetro promedio a la altura del pecho (DAP), variando la edad entre los 7-8 años. La misma se realiza sobre unos 1100 árboles*ha^{-1} y el rendimiento promedio alcanza unos 3,6 kg *ha^{-1}, resinando una persona 4.000 árboles*año^{-1} durante 8 meses, contra 8.500 árboles*año^{-1} durante 10 meses en Brasil, según Clopeau y Orazio, (2019). Durante el año en la región NEA se realizan aproximadamente 17-18 picas, aproximadamente 1 cada 15 días (Foto 3 y Foto4) (Cetrángolo[4], 2021). Normalmente esta actividad se ejecuta durante un lapso de aproximadamente 8 años (Ferreira, 2001). La modalidad de arrendamiento es comúnmente utilizada para llevar adelante esta actividad y puede ser pagada a través de un canon por árbol que oscila entre 0,65 y 0,75 U$S*árbol^{-1}*año^{-1}. La otra modalidad vigente es la

[4] Comunicación personal

distribución de la renta a porcentaje variables entre el propietario y el arrendatario del monte (Cetrángolo[5], 2020).

El desarrollo de esta actividad se vio acompañado por tareas de investigación, por ejemplo, el mejoramiento de *Pinus elliottii* con destino a alta producción de resina. En este sentido, existen antecedentes en la introducción de 26 progenies de clones seleccionados por alta producción de resina en USA, implantadas durante 1981 en la EEA INTA Concordia y EEA INTA Bella Vista (López, 1996; Salto *et al*., 2014). En Concordia, los valores promedios por árbol obtenidos para la producción de resina durante los años 1995 y 1996 estuvieron entre 1,28 y 11,73 kg. individuo^{-1}. año^{-1}, con una producción media de 5,66 kg. individuo^{-1}. año^{-1}. Mientras que en Bella Vista se obtuvieron entre 1,05 y 11,85 kg. individuo^{-1}. año^{-1}, con una producción media de 5,40 kg. individuo^{-1}. año^{-1}, realizando 18 picas en el año (López, 1996; Salto *et al*., 2014). Salto *et al*. (2014) determinaron también, analizando ambos ensayos, que había una alta heredabilidad para esta característica (h^2 = 0,59), producción de resina y alta correlación genética entre sitios (r_b = 0,90). Con esta información se raleó el ensayo localizado en Concordia transformándose en un huerto semillero de progenies, que actualmente se encuentra en producción. Paralelamente se están adelantados trabajos preliminares de prospección en producción de resina para individuos de *Pinus elliottii,* seleccionados por crecimiento en la última evaluación del programa de mejora que en EEA Montecarlo. El rendimiento promedio de sólo 10 picas efectuadas en esos individuos entre octubre 2020 y noviembre 2021, fue de 3,10 kg.individuo^{-1}, con un máximo 6,60 y un mínimo de 0,80. (Gauchat y Cetrángolo[6], 2021). Estos resultados, si bien son preliminares, reflejan la posibilidad de seleccionar ejemplares superiores en producción de resina, sin dejar de lado la forma y la producción maderera. Los pinos tropicales también son resinados en Brasil, donde tienen un valor ligeramente menor, 1 % aproximadamente, respecto del obtenido para *Pinus elliottii* (Noticias Agricolas, 2021). Esto abre posibilidades a los pinos híbridos utilizados en el NEA, como el *Pinus elliottii* x *Pinus caribaea* var hondurensis, como también para retrocruzas que puedan producirse.

Según empresas resineras que arriendan árboles, esta actividad es totalmente compatible con los SSP, y de hecho operan en esas condiciones. Recomiendan tener especial cuidado en períodos secos, ya que los animales abrevan del agua que se acumula en las bolsas fijadas al árbol para recolectar la resina y pueden llegar a tragarlas (Foto 4) (Cetrángolo[7], 2021). Según de Lima (2009) postulaba SSP/SAF en el tiempo, (secuenciales), realizando cultivos anuales y/o ganadería en los años previos al inicio de la resinación.

[5] Comunicación personal
[6] Comunicación personal
[7] Comunicación personal

Un aspecto para tener en cuenta son las densidades de plantación cuando se inicia la resinación, en ocasiones, son muy elevadas y los niveles de luz que ingresan a través de las copas pueden ser muy bajos para sostener pastizales naturales o pasturas. Una alternativa también podría ser la implementación de cortinas acompañando cultivos perennes, frutícolas o industriales.



Foto 3: Descortezando *Pinus elliottii.*



Foto 4: Realizando 1er pica en *Pinus elliottii.*

Conclusiones

El componente forestal de los SSP y SAF de la región NEA de Argentina puede ofrecer rentas anuales que contribuyan a mejorar los aspectos financieros del sistema y contribuir también con rentas periódicas, que puedan ofrecer los raleos y la tala rasa, sin dejar de considerar los beneficios ambientales.

La producción de aceites esenciales, como aquellos provenientes de *Corimbya citriodora* var citriodora, acompañada de estrategias de comercialización on line, ofrece una alternativa que puede ser viable para distintas escalas de productores que alcancen métodos eficientes de destilación y de control de calidad. La producción de resinas de pinos, cuyo mercado y comercialización está mucho más avanzado y consolidado en la región, es otra alternativa que bien puede acompañar sistemas silvopastoriles, en el espacio o el tiempo, como también sistemas agroforestales en sus inicios o en carácter permanente como cortinas.

En gran parte la difusión de estas producciones encontrará eco en la medida que la "química verde o sustentable" también logre avances significativos en sus aplicaciones, tanto como bioinsumos o biomateriales. Hay amenazas de sustitución de estos extractivos, sin embargo, el mercado ha seguido creciendo y se espera lo siga haciendo y el concepto de árboles de uso múltiple puede contribuir fuertemente a ello.

La generación de rentas anuales con el componente forestal, a través de estos esquemas, favorecería la adopción de los SSP y SAF. Estos contribuirían no sólo a la mitigación, la adaptación y a la resiliencia al cambio climático en el territorio, sino fuera del mismo, dada la contribución a la "descarbonización" mediante la oferta de bio insumos y biomateriales.

Bibliografía

Arizio O., Curioni A., 2003. Productos aromáticos y medicinales. Documento 5. Componente A. Estudios Agroalimentarios Estudio 1.EG.33.7. Prestamo BID925 OC AR. IICA. Pp. 131. Disponible en: http://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/6919/BVE18040088e.pdf;jsessionid=92D287E3AD4C6B0F5F8509202C37787D?sequence=1. Acceso 20/8/2021.

Bizzo H.R., Hovell A.M.C., Rezende C.M. 2009. Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas Quím. Nova 32 (3) • 2009. https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000300005

Carrasco M.A., Ferri Azor J.M., Samper M: D, García- García D., López Martínez J., Arrieta M.P. 2019. Derivados de colofonia como aditivos sostenibles para el sector del plástico. Disponible en: Tierra de Pinares. Número 2: 46-48.

Cetrángolo G., 2020. Innovación en la resinación de pino. Pasado, presente y futuro en el país. CPIA. Disponible en http://www.cpia.org.ar/agropost/nota/25.%20Acceso%204-8-2020

Clopeau A., Orazio C., 2019. El mercado internacional de la resina. Disponible en: Tierra de Pinares. Número 2: 23-30.

Dogenski M., Ferreira N.J., Lopes de Oliveira A. 2016. Extraction of *Corymbia citriodora* essential oil and resin using near and supercritical carbon dioxide. The Journal of Supercritical Fluids. Volume 115: 54-64

Doria M.C., 2009. Química verde: un nuevo enfoque para el cuidado del medio ambiente. Educ. quím vol.20 no.4 Ciudad de México. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2009000400004

El ABC Rural. 2021. https://elabcrural.com/sabias-que-la-resina-es-el-tercer-producto-exportable-de-corrientes/. Acceso el 17/8/2021

Ferreira J.P. D.R.J., 2001. Análisis da cadia produtiva e de custo do setor Brasileiro de productos resinosos. Tesis de grado. ESLQ-USP-Piracicaba.Pp 120

Leme de Lima, T.J., 2009. Danos econômicos causados pelo pastoreio de bovinos sobre plantações jovens de Pinus elliotti destinado a produção de resina. UFSCAR. Disponible en https://www.aresb.com.br/portal/trabalhos/. Acceso 17-8-2021.

López J.A. 1996. Evaluacion de 21 familias de clones de alta producción de resina de *Pinus elliottii* (Análisis de las campañas 1994-95 y 1995-96).

López J. A., Vera C.D. 2018. Crecimiento y rectitud del fuste de orígenes geográficos de Corymbia spp. en la Mesopotamia argentina. Revista RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias, vol. 44, núm. 3, 309-315

Mancuso S. Stefano Mancuso: "Desconocemos cómo funciona la vida del planeta". El País. Disponible en: https://elpais.com/cultura/2021-05-06/stefano-mancuso-desconocemos-como-funciona-la-vida-del-planeta.html. Acceso, 24/8/201

McCarthy K., Cookson L. 2008. Natural durability of five eucalypt species suitable for low rainfall areas: Sugar gum, spotted gum, red ironbark, yellow gum and swamp yate. Publication No. 08/162 Project No. CSF-61ª.Pp 16.

Munaretto, N.1; Barth, S. 2; Fassola H. 1; Colcombet, L. 1Gonzalez, P. 2; Comolli, L.3; Schegg, E.4; Loto, M. 2019. Productividad de Ilex paraguariensis cultivada según disponibilidad de luz. Ilex paraguariensis productivity cultivated according light availability. Disponible en Actas XIII Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales 2019p301 – 303. ., Eldorado – Misiones.

Noticias Agricolas. 2021. Preço Médio Resina Pinus. Fonte: Associação dos Resinadores do Brasil – Aresb. Disponible en https://www.noticiasagricolas.com.br/cotacoes/silvicultura/preco-medio-resina. Acceso 17-8-2021

Rojas R. 2021. Corrientes-con-mas-de-40-mil-hectareas-destinada-a-la-produccion-de-resina-este-ano-crece-la-actividad-como-alternativa-de-inversion. Artìculo periodìstico por P. Escobar. Disponible en https://www.argentinaforestal.com/2021/07/30/corrientes-con-mas-de-40-mil-

hectareas-destinada-a-la-produccion-de-resina-este-ano-crece-la-actividad-como-alternativa-de-inversion/. Acceso 4-8-2021.

Salto, C.; Harrand, L.; López, J. A. y Marcó, M.A. 2014. Parámetros genéticos y ganancia genética en producción de resina en *Pinus elliottii* var. *elliottii* (Engelm.) en Argentina. Genetic parameters and genetic gain for high-gum-yield in *Pinus elliottii* var. *elliottii* (Engelm.) in Argentina. VI Reunión GEMFO (Ed:) López J., A.; Cortizo S.; Ediciones INTA, 2014. 100 p.; 30x21 cm. Buenos Aires

Schegg, E.; Wyss, F.; Munaretto, N.; Pachas, A. N.; Fassola, H. E.; Colcombet, L.; Postchka, J.; Barth, S. R.; Ritter, L.; y Comolli, L. 2013. Efecto de la consociación de especies forestales nativas y exóticas sobre el crecimiento en altura de plantas de *Ilex paraguariensis* St. Hil. en Misiones. Actas 4to. Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano Iguazú.

Verified Market Research (VMR). 2021. Global Natural Flavours and Fragrances Market Size By Product, By Application, By Geographic Scope And Forecast. https://www.verifiedmarketresearch.com/product/natural-flavours-and-fragrances-market/ . Fecha de acceso: 30/7/2021

Wyss, F.; Schegg, E.; Munaretto, N.; Pachas, A.; Fassola, H.; Colcombet, L.; Postchka, J.; Barth, S.; Ritter, L.; Comolli, L.; Benitez, C.; Villasanti, A. E Infuleski, C. 2015. Sistemas Agroforestales con Yerba Mate y Arbóreas. Maderables. Informe final PIA 12056. INTA-UCAR. MAGyP-BIRF 7520.

Zambón S**.,** Chamorro E. y Casuscelli S**.** 2015**.** Estudio de la Pureza Óptica de Citronelal presente en los Aceites Esenciales obtenidos de Citronela y de Eucalipto Citriodora**.** Inf. tecnol. vol.26 no.4. La Serena. Disponible en http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642015000400005.

Comportamiento diferencial de los rasgos funcionales de especies leñosas perennes adultas y jóvenes en sistemas de ganadería y el medio ambiente

Differential behavior of the functional traits of adult and young perennial woody species in livestock systems and the environment

N. Pérez-Almario[1, 2]; J.R. Mora-Delgado[2]; D. Criollo-Cruz[1]; E.L. Medina-Rios[2]; C.T. Carvajal-Bazurto[1]; O.E. Orjuela-Franco[1]; J.M. Moreno-Turriago[1]; A.L. Gómez-Laveriano[1].*

[1]Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA, Centro de Investigación Nataima, Km 9 vía Espinal, Ibagué, Tolima, Colombia.
[2]Grupo de investigación en sistemas agroforestales -SAF, Universidad del Tolima.
*nperez@agrosavia.co

Resumen: Las especies leñosas perennes en zonas secas cumplen funciones ecosistemicas con variada capacidad de expresión y respuesta, lo que permite entender su importancia, frente al ambiente y al manejo de la ganadería gracias a la función de sus rasgos funcionales. Fueron evaluados cinco rasgos funcionales (AFE, AF, CFMS, DM y FT) en 18 especies con edades y manejos distintos (árboles adultos en pasturas y árboles jóvenes manejados con podas), en zonas de bosque seco tropical. Se aplicaron métodos de muestreo sistemático para las dos edades de árboles y los rasgos fueron obtenidos siguiendo protocolos reportados para este fin; y analizados con modelos lineales generales y mixtos con InfoStat 2018. En general, el comportamiento de los rasgos independentemente de la edad y manejo, estos, siguen tendencias similares a otras latitudes; sin embargo, las diferencias entre árboles adultos y jóvenes podados se observan claramente cuando se analizan por espécie, y dichas diferencias dependen del grado de expresión de cada rasgo. Estos resultados sugieren una convergencia adaptativa de los rasgos funcionales al sistema de podas como parte del manejo utilizado en ganadería.

Palabras claves: *Manejo, podas, árbol adulto, árbol joven, ganadería.*

Abstract: Perennial woody species in dry areas fulfill ecosystem functions with varied capacity for expression and response, which allows us to understand their importance, front the environment and livestock management, thanks to the function of their functional traits. Five functional traits (SLA, TS, LDMC, WD and TS) were evaluated in 18 species with different ages and management (adult trees in pastures and young trees managed in common), in tropical dry forest areas. They applied systematic sampling methods for the two tree ages and the traits were obtained following protocols reported for this purpose; and analyzed with general and mixed linear models with InfoStat 2018. In general, the behavior of the traits

regardless of age and handling, these follow similar trends to other latitudes; However, the differences between pruned adult and young trees are clearly observed when analyzed by species; however, they depend on the degree of expression of each trait. These results suggest an adaptive convergence of functional traits to the pruning system as part of the management used in livestock.

Keywords: *Management, pruning, adult tree, young tree, livestock.*

Introducción

Diferentes investigadores atribuyen a los árboles un papel importante en procesos de adaptación a la variabilidad y cambio climático (Premoli & Mathiasen, 2011), a la alimentación animal y la provisión de bienes y servicios (Cajas y Sinclair, 2001, Ibrahim *et al.,* 2003; Pérez-Almario *et al.,* 2017). Sin embargo, la evaluación de productividad y otras funciones ecosistémicas de los árboles seguirá siendo un reto para las regiones tropicales (Veblen *et al*., 2007).

Algunos estudios, mencionan que las diferencias ambientales contrastantes generan presiones y niveles de variación en los rasgos funcionales de las plantas (Violle *et al*., 2012, Braga *et al*., 2016). Es por esto, que otros estudios atribuyen a los rasgos funcionales de las plantas el uso de estrategias ecológicas para la supervivencia de estas, y para aportar a la transformación del ambiente (Grime, 1998, Garnier *et al*., 2004; Kumar-Chaturvedi *et al*., 2012; Salgado *et al*., 2015). En este mismo sentido, Lavorel y Garnier, (2002); Suding *et al.* (2008) incluyeron en la ecología la teoría conocida como (respuesta-efecto), explicando que las plantas responden a cambios ambientales debido a sus rasgos (respuesta); mientras que los cambios ejercidos en estas comunidades puede afectar los procesos del ecosistema (efecto).

Es de esta forma, como los avances en el conocimiento de los rasgos funcionales de las plantas, han mejorado las aplicaciones y usos que han contribuido a la interpretación de las respuestas y procesos ecológicos (Linhart y Grant, 1996, Premoli & Mathiasen, 2011, Kattge *et al*., 2011). Es por esto, que los rasgos funcionales son importantes en la selección, diseño y manejo de los árboles en los sistemas agrosilvopastoriles Pérez-Almario *et al.* (2013; 2017); sin embargo, estos procesos biológicos y productivos necesitan incorporar conocimientos acordes con los requerimientos del manejo ambiental y el aprovechamiento productivo.

Se identificaron especies de árboles y arbustos con potencial forrajero en un espacio agroecológico de la zona seca del Tolima y Huila, donde se midieron

los rasgos funcionales de las 18 más dominantes y comunes (17 árboles y 1 arbusto). Estas especies se encuentran en dos sistemas de uso y espacios independientes, 1). árboles adultos de especies dispersas en su estado natural y 2). árboles jóvenes de las mismas especies plantados en el Centro de Investigación Nataima (CI. Nataima) de Agrosavia, manejado con prácticas de podas para controlar su crecimiento y facilitar la cosecha del forraje.

La pregunta de investigación fue ¿Los rasgos funcionales son iguales en árboles adultos dispersos y árboles jóvenes de la misma especie, pero cuando estos últimos son manejados por medio de podas para simular ramoneo de los animales, como parte del manejo en los sistemas ganaderos?

Metodología

El área de estudio se encuentra en la zona seca del sur y centro del Tolima, y norte del Huila, entre 240-780 msnm, perteneciente a la zona de vida del bosque seco tropical (Bs-T) en Colombia, según (Holdridge, 2000). El clima anual tiene de promedios mínimos y máximos de precipitación, temperatura y humedad relativa entre 1.270 a 1.880 mm, 26 a 30 °C y 56 a 79% respectivamente, tomados con una estación portátil marca Davis vantage Pro 2.

Los cinco rasgos funcionales analizados fueron el área foliar (AF), área foliar específica (AFE), contenido foliar de materia seca (CFMS), la resistencia o fuerza tensil (FT) y la densidad de madera (DM) de las 18 especies forrajeras encontrados como árboles adultos y árboles jóvenes, para lo cual se registraron 36.000 observaciones.
Árboles adultos: Se identificaron y georreferenciaron individuos de 18 especies de árboles dispersos en pasturas de fincas ganaderas, con muestreo sistemático en transectos lineales cada dos km. La selección de individuos en campo y la medición de rasgos funcionales en el laboratorio se basó en los protocolos propuestos en (Cornelissen *et al*., 2003 y Perez-Harguindeguy *et al*., 2013).

Árboles jóvenes: Se sembraron semillas de las 18 especies leñosas perennes en un espacio controlado (9000 m^2) del Espinal, Tolima, Colombia. Se introdujo el manejo agronómico (poda periódica), desde la etapa juvenil de la planta hasta su etapa productiva, con lo cual se mantuvo estable el crecimiento de los árboles (manejados como arbustos con una altura máxima de 1.80 m). En este espacio, cada especie contó con 270 plantas o individuos distribuidos en tres filas, a los cuales se aplicó la metodología de transectos lineales tomando un individuo cada diez plantas; también se aplicaron los mismos protocolos de medición de rasgos funcionales que se utilizaron para árboles adultos dispersos; las medias, se compararon mediante modelos

lineales generales y mixtos (MLGM) con el software InfoStat (Di Rienzo *et al*., 2018). Se analizó el comportamiento de los rasgos funcionales de los árboles adultos frente a árboles jóvenes de su misma especie (AFE, AF, CFMS, DM y FT) para comparar su valor promedio por especie.

Resultados

Valor del rasgo funcional en árboles adultos y jóvenes sin diferenciar las especies

Los rasgos funcionales AFE y FT son más altos en árboles jóvenes (15.9 mm^2mg^{-1} y 0.45 N mm^{-1}); el efecto de las podas periódicas produce efectos de generación rápida de estructuras foliares. Mientras que el AF, CFMS y DM son mayores en árboles adultos (15203.1 mm^2; 373.7 mg g^{-1} y 0.57 g cm^3) siendo estos rasgos, aportantes a la consistencia de tejido leñoso (Tabla 1).

Tabla 1. Medias (± error estándar) y valor de probabilidad (P-valor) de los rasgos funcionales medidos en árboles adultos y árboles jóvenes mediante ANOVA, sin diferenciar las especies, evaluados en la zona de estudio en los departamentos de Tolima y Huila, Colombia.

Rasgo funcional	árbol jóven	Árbol adulto	R^2	P-valor
AFE mm^2mg^{-1}	15.9 ± 0.17^a	15.05 ± 0.2^b	0.75	≤0.0001
AF mm^2	9412.2± 295.5^b	15203.08 ± 295.5^a	0.89	≤0.0001
CFMS mg g^{-1}	352.6 ± 3,.3^b	373.72 ± 3.3^a	0.87	≤0.0001
DM g cm^3	0.5 ± 4,40e-03^b	0.57 ± 4.4e^{-03a}	0.84	≤0.0001
FT (N mm^{-1})	0.45 ± 0,06^a	0.40 ± 0.06^b	0.89	≤0.0001

Medias con una letra igual no difieren (P> 0.05)

Valor de rasgo funcional de árbol adulto y árbol jóven diferenciados por especie

Los valores comparativos del rasgo AFE registrados en árbol jóven y árboles adultos de cada especie difieren con P-valor ≤0.0001 y R^2 = 0.77. Los valores mínimos y máximos entre ellos fueron 11.6 y 23.5 mm^2mg^{-1} para árboles jóvenes de *A. saman* y *T. diversifolia*; mientras que para adultos osciló entre 10.2 y 25.4 mm^2mg^{-1} para *G. ulmifolia* y *M. oleifera* respectivamente. La diferencia del valor del rasgo para árboles jóvenes es de 11.9 y 15.2 mm^2mg^{-1} en adultos (Table 2).

Los valores del rasgo AF difieren entre árbol jóven y adulto en las diferentes especies (P-valor ≤0.0001 y R^2 = 0.77) presentando valores de 1642,8 a 22280,5 mm^2 para árboles jóvenes de *P. dulce* y *M. oleifera*; mientras que en árboles adultos varió de 2367.1 a 44265.5 mm^2 para *P. dulce* y *A. guachapele* respectivamente. Este rasgo presentó mayor heterogeneidad y variabilidad en las dos edades. La diferencia del valor de este rasgo en árboles jóvenes es de 20637.6 mm^2 y en adultos 41898,6 mm^2 (Table 2).

Table 2. Rasgos funcionales de AFE y AF en 18 especies con árboles adultos y árboles jóvenes obtenidas mediante ANOVA en zonas de bs-T de Colombia (medias ± error estandar), evaluados en la zona de estudio en los departamentos de Tolima y Huila, Colombia.

Especie	AFE R^2 =0.77 P-valor ≤0.0001		AF R^2 =0.94, P-valor ≤0.0001	
	Árbol joven	Árbol adulto	Árbol joven	Árbol adulto
Albizia guachapele	13.8±0.5^{d}	16.1±0.7^{b}	22155.2±1401.7^{a}	44265.7±1046.7^{a}
Albizia niopoides	14.7±0.5^{d}	16.2±0.7^{b}	7390.0±1401.2^{b}	27447.3±1046.7^{c}
Albizia saman	11.6±0.5^{e}	12.8±0.7^{c}	12556.7±1401.1^{b}	25343.4±1046.7^{d}
Bursera tomentosa	14.8±0.5^{d}	13.8±0.7^{c}	2923.3±1401.5^{c}	5692.8±1046.7^{g}
Bauhinia variegata	16.3±0.5^{c}	17.3±0.7^{b}	8556.3±1401.3^{b}	8990.3±1046.7^{f}
Cordia alba	17.5±0.5^{c}	17.2±0.7^{b}	4831.5±1401.1^{c}	5804.8±1046.7^{g}
Chloroleucon bogotense	15.1±0.5^{d}	11.6±0.7^{c}	2401.6±1401.7^{c}	4594.6±1046.7^{g}
Crescentia cujete	14.0±0.5^{d}	11.6±0.7^{c}	3698±1401.4^{c}	4596.8±1046.7^{g}
Clitoria fairchildiana	18.0±0.5^{c}	17.2±0.7^{b}	12213.8±1401.2^{b}	11916.1±1046.7^{e}
Calliandra riparia	13.7±0.5^{d}	14.2±0.7^{c}	2178±1401.4^{c}	3650.3±1046.7^{g}
Enterolobium cyclocarpum	19.7±0.5^{b}	13.3±0.7^{c}	10437.1±1401.6^{b}	28003.5±1046.7^{c}
Gliricidia sepium	14.3±0.5^{d}	17.1±0.7^{b}	19929.1±1401.5^{a}	15617±1046.7^{e}
Guazuma ulmifolia	13.8±0.5^{d}	10.2±0.7^{d}	4974.5±1401.7^{c}	6685.8±1046.7^{g}
Leucaena leucocephala	14.6±0.5^{d}	14.1±0.7^{c}	8578.8±1401.8^{b}	13289.5±1046.7^{e}
Moringa oleífera	22.6±0.5^{a}	25.4±0.7^{a}	22280.5±1401.6^{a}	37181.6+1046.7^{b}
Pithecellobium dulce	12.5±0.5^{e}	12.2±0.7^{c}	1642.8±1401.8^{c}	2367.1±1046.7^{g}
Senna spectabilis	15.5±0.5^{d}	12.7±0.7^{c}	8316.4±1401.2^{b}	23138.1±1046.7^{d}
Tithonia diversifolia	23.5±0.5^{a}	17.5±0.7^{b}	14356.1±1401.5^{b}	5070.8±1046.7^{g}

Medias con una letra igual no difieren (p> 0.05)

El rasgo CFMS para arboles jóvenes y árboles adultos de las distintas especies difiere con P-valor ≤0.0001 y R^2 = 0.91 los valores extremos para los primeros fueron de 214.3 y 470.9 mg g^{-1} en las especies *T. diversifolia* y *C. riparia*, mientras que en árboles adultos osciló entre 111.5 y 693.8 mg g^{-1} en *T. diversifolia* y *C. fairchildiana* respectivamente. El comportamiento de CFMS tiene mayor variación y se debe a mayor contenido de material leñoso en las estructuras foliares de los árboles adultos. La diferencia del valor del rasgo es de 256.6 para árboles jóvenes y 582.3 mg g^{-1} para adultos (Tabla 3).

Los valores de DM en árboles jóvenes y árboles adultos para las diferentes especies difieren con P-valor ≤0.0001 y R^2 = 0.86 los valores para los jóvenes son más bajos 0.23 a 0.62 g cm^3 (*M. oleifera* y *C. riparia*), mientras que en árboles adultos fue de 0.28 a 0.69 g cm^3 en las mismas especies. Las estructuras foliares de los árboles adultos tienen mayor contenido de material leñoso (Tabla 3).

Los valores comparativos del rasgo FT para árboles jóvenes y árboles adultos de las distintas especies difieren con P-valor ≤0.0001 R^2 = 0.90 los valores más bajos correspondieron a árboles jóvenes con 0.13 y 0.96 N. mm^{-1} en *M.*

oleifera y *P. dulce*, mientras que para árboles adultos fue de 0.11 y 1.46 N. mm^{-1} en *B. tomentosa* y *C. fairchildiana* respectivamente (Tabla 3).

Table 3. Características funcionales del contenido foliar de materia seca (CFMS), densidad madera (DM) y Fuerza tensil (FT) en 18 especies de árboles adultos y árboles jóvenes obtenidas con ANOVA (medias ± error estandar), evaluados en la zona de estudio en los departamentos de Tolima y Huila, Colombia.

Especie	CFMS (mg g^{-1}) R^2 = 0.91 P-valor ≤0.0001		DM (g cm^3) R^2 = 0.86 P-valor ≤0.0001		FT (N.mm^{-1}) R^2 = 0.90 P-valor ≤0.0001	
	Árbol joven	Árbol adulto	Árbol joven	Árbol adulto	Árbol joven	Árbol adulto
Albizia guachapele	434.58±14.2^{a}	345.45±13.8^{d}	0.45±0.02^{d}	0.59 ± 0.01^{c}	0.14±0.07^{c}	0,22±0,05^{f}
Albizia niopoides	423.04±14.2^{a}	472.47±13.8^{b}	0.49±0.02^{c}	0.57 ± 0.01^{c}	0.27±0.07^{c}	0,59±0,05^{d}
Albizia saman	358.05±14.2^{b}	410.84±13.8^{c}	0.53±0.02^{c}	0.56 ± 0.01^{d}	0.18±0.07^{c}	0,44±0,05^{e}
Bursera tomentosa	360.08±14.2^{b}	225.44±13.8^{e}	0.41±0.02^{d}	0.4 ± 0.01^{f}	0.28±0.07^{c}	0,11±0,05^{f}
Bauhinia variegata	452.88±14.2^{a}	455.33±13.8^{b}	0.57±0.02^{b}	0.59 ± 0.01^{c}	0.41±0.07^{c}	0,27±0,05^{f}
Cordia alba	266.32±14.2^{d}	335.1±13.8^{d}	0.45±0.02^{d}	0.55 ± 0.01^{d}	0.58±0.07^{b}	0,19±0,05^{f}
Chloroleucon bogotense	341.67±14.2^{b}	454.7±13.8^{b}	0.56±0.02^{b}	0.68 ± 0.01^{a}	0.5±0.07^{b}	0,53±0,05^{d}
Crescentia cujete	416.89±14.2^{a}	477.22±13.8^{b}	0.62±0.02^{a}	0.68 ± 0.01^{a}	0.81±0.07^{a}	0,79±0,05^{c}
Clitoria fairchildiana	315.01±14.2^{c}	693.8±13.8^{a}	0.42±0.02^{d}	0.6 ± 0.01^{c}	0.95±0.07^{a}	1,46±0,05^{a}
Calliandra riparia	470.9±14.2^{a}	494.49±13.8^{b}	0.62±0.02^{a}	0.69 ± 0.01^{a}	0.84±0.07^{a}	0,99±0,05^{b}
Enterolobium cyclocarpum	320.1±14.2^{c}	347.76±13.8^{d}	0.5±0.02^{c}	0.53 ± 0.01^{d}	0.16±0.07^{c}	0,45±0,05^{e}
Gliricidia sepium	262.31±14.2^{d}	240.61±13.8^{e}	0.53±0.02^{c}	0.64 ± 0.01^{b}	0.16±0.07^{c}	0,19±0,05^{f}
Guazuma ulmifolia	384.36±14.2^{b}	409.68±13.8^{c}	0.44±0.02^{d}	0.62 ± 0.01^{b}	0.15±0.07^{c}	0,25±0,05^{f}
Leucaena leucocephala	393.17±14.2^{b}	230.7±13.8^{e}	0.53±0.02^{c}	0.53 ± 0.01^{d}	0.34±0.07^{c}	0,37±0,05^{e}
Moringa oleifera	256.17±14.2^{d}	229.17±13.8^{e}	0.23±0.02^{e}	0.28 ± 0.01^{g}	0.13±0.07^{c}	0,33±0,05^{e}
Pithecellobium dulce	371.57±14.2^{b}	436.59±13.8^{b}	0.59±0.02^{b}	0.63 ± 0.01^{b}	0.96±0.07^{a}	0,28±0,05^{f}
Senna spectabilis	306.57±14.2^{c}	356±13.8^{d}	0.56±0.02^{b}	0.49 ± 0.01^{e}	0.23±0.07^{c}	0,26±0,05^{f}
Tithonia diversifolia	214.28±14.2^{e}	111.51±13.8^{f}			0.15±0.07^{c}	0,41±0,05^{e}

Medias con una letra igual no difieren (p> 0.05

Discusión

Los valores generales de los rasgos de árboles adultos presentan pequeñas diferencias, lo mismo sucede con los árboles jóvenes. Estas diferencias se deben a que cuando se realiza el análisis e interpretación de datos conjuntos con todas las especies, estos, no muestran grandes diferencias, como sí, se observa cuando se analiza independientemente cada especie. Sin embargo, el valor de los rasgos en estructuras foliares como AFE y FT de los árboles jóvenes superó al de los árboles adultos. Lo observado en rasgos con funciones más estructurales como es el caso CFMS y DM, estos son mayores en los árboles adultos. Podría asumir que los rasgos funcionales foliares manifiestan cambios rápidos con diferencias manifiestas, entre los individuos de la misma especie, lo cual podría estar influenciado por el manejo de las podas o la herbivoría animal y el tipo de rasgo evaluado.

Estos resultados coinciden con los valores promedios de los rasgos funcionales generales reportados en la database global (Kattge *et al*., 2011). El contraste, lo registra el rasgo AF= 1404 mm^2 con σ= 0.81 de este estudio, siendo este, muy inferior con los valores promedios globales reportados en la misma database global (Kattge *et al*., 2011). Sin embargo, un estudio desarrollado en Cuba, donde evaluaron el rasgo AF en 96 muestras aleatorias de hojas de *Leucaena leucephala* en diferentes estados vegetativos (desde la tercera semana hasta la 12), cultivada en bancos de proteínas (árboles jóvenes) durante la estación lluviosa y aplicando fertilización con fósforo y potasio, registraron valores muy superiores a este 19714 mm^2 a 51903 mm^2 (Del Pozo y Álvarez, 2001), evidenciando que este rasgo puede tener valores muy altos y que este, depende de factores particulares a la especie y al manejo de la misma.

Lo anterior nos remite a los estudios desarrollados por (Reich *et al.,* 2007; Rodrigues-deAraujo *et al.,* 2019) donde sus reportes muestran que las tasas de crecimiento de la hoja y la supervivencia de la planta son más altas en los bosques jóvenes, debido a mayor relación entre los atributos de la hoja; período de supervivencia y proporción de follaje comparado con bosques de mayor edad.

Estos resultados permiten mencionar, que los rasgos funcionales son menos variables en árboles jóvenes. Esto se atribuye a que las diferencias de los rasgos entre las dos edades son menores en árboles jóvenes, lo que indica que el uso de podas para mantener los árboles jóvenes con alturas de un arbusto (<1.8 m), hacen que las plantas expresen respuestas rápidas para garantizar la supervivencia, en relación con la generación de nuevos rebrotes, nueva área foliar y mayor tasa de crecimiento. En este sentido, el valor del rasgo AFE de las especies es menos variable en árboles jóvenes, debido a que

la madurez fisiológica se alcanza más rápido en comparación con los árboles adultos. Esta afirmación coincide con los estudios de (Kitajima 1994; Poorter y Bongers 2006), al mencionar que las especies con valores altos de AFE tienen tasas de crecimiento rápida y una mayor supervivencia.

El rasgo AFE de este estudio es similar a los valores reportados por (Pérez-Almario 2011), para las especies *A. guachapele*, *A. niopoides*, *A. saman*, *C. alba*, *G. sepium*, *G. ulmifolia*, *L. leucocephala* y *M. oleifera* registrados en el bosque seco tropical de Nicaragua. Sin embargo, el mismo estudio relacionó valores bajos de AFE, pero mayor dureza y rusticidad de las hojas, tal como ocurrió con *A. niopoides* y *L. leucocephala*. El soporte técnico de este comportamiento está en el estrés generado por la alta temperature y los periodos largos de sequía, pués estas variables tienden a seleccionar especies con hojas de menor AFE, en relación con la altitud, latitud, calor, frío, alta radiación y sequía; mientras que los gradientes húmedos, cálidos y soleados favorece a las hojas con mayor AFE (Cornelissen *et al*., 2003, Knevel, 2008, Wright *et al*., 2017, Wang *et al*., 2019). A pesar de todos los esfuerzos, no se ha podido encontrar correlaciones fuertes entre los rasgos foliares con las tasas de crecimiento de los árboles adultos (Poorter *et al*., 2008, Wright *et al*., 2010), lo mismo que entre el tamaño de la hoja y DM (Wright *et al*., 2007, Easdale y Healey, 2009).

El rasgo AF sugiere alta sensibilidad en la dinámica de crecimiento de los árboles adultos y jóvenes debido a diferentes tipos de estrés. En esta dirección, Baraloto *et al*. (2010b), mencionó que los rasgos foliares son probablemente los más variables en toda la planta. Esto, debido a que los patrones de tamaño de la hoja varían más de 100.000 veces entre especies (Wright *et al.,* 2017). Estos comportamientos de las plantas y sus relaciones con los distintos ambientes afectan los procesos biológicos, pero ayuda a comprender las estrategias de adaptación de las plantas a dichos ambientes (Wang *et al.,* 2019).

Esto significa que las respuestas adaptativas de los rasgos funcionales dependen de la variación del rasgo, expresado en los cambios de las especies (McGill *et al.,* 2006); además, en gradientes ambientales y abióticos afecta el comportamiento morfológico y fisiológico de las especies en el ecosistema (Chase y Leibold *et al.,* 2003, McGill *et al.,* 2006; Singh y Kushwaha, 2016).

De otro lado, el rasgo CFMS, refleja el funcionamiento de la planta con una rápida o lenta producción foliar, lo mismo que la resistencia o fragilidad a la ruptura. De este modo, hojas con alto CFMS tienden a ser relativamente resistentes, p.e., a daños físicos por herbivoría animal o el viento, comparado con hojas de bajo CFMS (Ryser y Urbas 2000). En el mismo sentido, (Louault *et al.* 2005; Ansquer *et al.* 2009) reportaron la existencia de una buena

correlación entre CFMS y AFE. Esto, es reflejado en la variación del AF de los rebrotes entre las especies, lo cual se evidencia en correlaciones altas entre CFMS y AFE (Pérez-Almario, 2011). Consecuentemente, (Ryser y Urbas 2000), reportó que las especies que presentan rápido crecimiento, tienen baja DM y CFMS, mientras que su AFE es alta y sus rebrotes son de corta duración.

Ante características biofísicas y limitaciones ambientales, los rasgos manifiestan cambios individuales y comunitarios en los ecosistemas, mostrando convergencias que pueden ser uniformemente rápidas, medias o lentas en relación con plasticidad genética y/o ambiental (Valladares, 2004; Cornwell y Ackerly 2009, Clark 2010; Reich *et al*., 2014). Esto podría demostrar que las plantas no están vinculadas a un entorno específico, lo que le permite adaptarse fisiológicamente a diferentes condiciones, riesgos naturales y mecánicos (Linhart y Grant 1996), para lograr sobrevivir y producir (Donoso *et al.,* 2004; Mediavilla y Escudero, (2004); McLaren *et al*. (2011).

De otro lado, el crecimiento de las estructuras foliares de las plantas depende en gran medida del rasgo DM, por lo que se considera un rasgo de soporte que promueve la consistencia de los tejidos leñosos y el crecimiento foliar en las plantas, esto, lo convierte en un rasgo clave asociado a características y respuestas sobre la adaptación a la variabilidad climática y al manejo productivo (podas y/o herbivoría). Además de esto, las dinámicas productivas de estas especies permiten suponer que el manejo con podas a los árboles jóvenes podría estar provocando modificaciones en su comportamiento anatómico y fisiológico; atribuyendose a que la producción de estructuras foliares, se vuelve una respuesta permanente.

Los rasgos funcionales impactan el crecimiento, la reproducción y la supervivencia de las plantas (Díaz *et al.,* 2004; Van Gelder *et al*., 2006, Violle *et al*., 2007, Poorter *et al*., 2010); y el crecimiento de la planta (DeBarba *et al*., 2015). Especies que crecen rápidamente tienen baja densidad de madera, corta vida útil y alta necesidad de recursos; contrario de aquellas con estrategia lenta (Reich *et al*., 2007, 2014).

Las diferencias entre los rasgos de las hojas y DM en especies de bosque tropical se deben a la estructura del xilema que puede reducir la capacidad de ahorrar agua en las hojas, pero limita la fotosíntesis y el crecimiento de las plantas (Brodribb y Feild 2000, Santiago *et al*., 2004, Méndez-Alonso *et al*., 2012). Además, las relaciones de DM con las hojas caducas presentan valores altos para este rasgo, sin embargo, se produce de forma aislada entre los dos rasgos (Baraloto *et al*., 2010a). Allí se presenta el dilema funcional: crecimiento y/o supervivencia (Kitajima, 1994).

Dos especies con baja DM, pero con alta AF y AFE, tal es el caso de *M. oleifera* y *T. diversifolia* que mostraron coincidencias con el estudio de (Pérez-Almario, 2011), donde reportó que la DM posee una relación inversamente proporcional con AFE. Es decir, las especies con menor DM tienen un AFE más alto y mejor capacidad para producir biomasa, pero esta capacidad se traduce en alto costo por el uso de recursos naturales requeridos para el crecimiento de las estructuras de la planta (Sterck *et al*., 2006, Swenson y Zambrano 2017, Reich *et al*., 2014), mientras que, un lento crecimiento (alta DM) se asocia con mayor seguridad hidráulica y mecánica (Hacke *et al.,* 2001, Poorter *et al.,* 2010).

Valores del rasgo FT de este estudio coinciden y confirman los reportes hechos por (Kattge *et al*., 2011; Pérez-Almario, 2011) para las especies *A. guachapele*, *A. niopoides*, *A. saman*, *C. alba*, *G. sepium*, *G. ulmifolia*, *L. leucocephala* y *M. oleifera* en Nicaragua.

Conclusiones

Los rasgos funcionales explican el comportamiento de las distintas especies de árboles usados en los sistemas ganaderos y pueden ayudar a comprender el comportamiento productivo y las diferencias existentes, debidas a sus distintas edades.

La práctica de podas periódicas en árboles jóvenes simulando ramoneo de los animales, genera estabilidad en el comportamiento de los rasgos funcionales foliares en árboles jóvenes; siendo esto ventajoso para el manejo de especies forrajeras con fines alimenticios para animales.

El rasgo DM es el mejor indicador adaptación de las especies leñosas perennes; esto se atribuye a que las plantas al ser sometidas al estrés que generan las podas y/o el ramoneo de los animales, estas pueden crecer y alcanzar su madurez fisiológica más rápido que los árboles adultos. Esta dinámica de crecimiento hace más atractivo el manejo arbustivo de las plantas para los sistemas de alimentación en sistemas silvopastoriles.

Agradecimientos

A la corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - Agrosavia, Universidad Tolima, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), Colombia, Fernando Casanoves.

Bibliografía

Ansquer, P., Duru, M., Theau, JP., Cruz, P., 2009. Functional traits as indicators of fodder provision over a short time scale in species-rich grasslands. Annals of Botany 103(1):117-126. Disponible en http://aob.oxfordjournals.org/content/103/1/117.abstract

Baraloto, C., Paine, T.C.E., Poorter, L., Beauchene, J., Bonal, D., Domenach, A.M., Herault, B., Patino, S., Roggy, J.C., Chave, J., 2010a. Decoupled leaf and stem economics in rain forest trees. Ecology Letters (13): 1338-1347. doi:10.1111/j. 1365-2435.2009. 01600.x

Baraloto, C., Paine, C.E.T., Patino, S., Bonal, D., Herault, B., Chave, J., 2010b. Functional trait variation and sampling strategies in species-rich plant communities. Functional Ecology (24): 208-216.

Braga, E.O., Jardim, M.A.G. 2016. Edaphic and climatic relation and its influence on the composition floristic lower stratum in a floodplain forest, Pará, Brazil. Revista Árvore (40): 901-910.

Brodribb, T.J., Field, T.S., 2000. Stem hydraulic supply is linked to leaf photosynthetic capacity: evidence from New Caledonian and Tasmanian rainforest. Plant, Cell and Environment (23): 1381-1388.

Cajas, Y.S., Sinclair, F.L., 2001. Characterization of multistrata silvopastoral systems on seasonally dry pastures in the Caribbean Region of Colombia. Colombia. Agroforestry Systems (53): 215–225.

Chase, J.M., Leibold, M.A., 2003. Ecological niches: linking classical and contemporary approaches. The University of Chicago Press, Chicago and London. ISBN 0-226-10180-0 (paper). 1-212.

Clark, J., 2010. Individuals and the variation needed for high species diversity in forest trees. Science (327): 1129-1132.

Cornelissen, J.H., Lavorel, S., Garnier, E., Diaz, S., Buchmann, N., Gurvich, D.E., Reich, P.B., Steege, H., Morgan H.D., Van der Heijden M.G.A., Pausas J.G y Porter H., 2003. handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. Australian Journal of Botany. 51(4): 335-380.

Cornwell, W.K., Ackerly, D.D., 2009. Community assembly and shifts in plant trait distributions across an environmental gradient in coastal California. Ecological Monographs 79: 109-126.

DeBarba, D.D., Rossi, S., Deslauriers, S., Morin, H., 2015. Effect of soil warming and nitrogen foliar applications on bud burst of black spruce. Trees: Structure and Function. Université, Chicoutimi, Canada, (30): 87–97. https://constellation.uqac.ca/3778/1/De_Barba_et_al_2016_TREES.pdf

Del Pozo, P.P., Alvarez, A., 2001. Estimación del área foliar de la *Leucaena leucocephala* de la masa seca de sus hojas. Agroforestería para la producción animal en América Latina. Cultivos tropicales. Consultado el 10 de noviembre de 2019, DOI: http://dx.doi.org/10.1234/ct.v22i1.706. 22(1): 23-25.

Díaz, S., Hodgson, J.G., Thompson, K., Cabido, M., Cornelissen, J.H.C., Jalili, A., Montserrat-Marti, G., Grime, J.P., Zarrinkamar, F., Asry, Y., Band, S.R., Basconcelo, S., Castro-Diez, P., Funes, G., Hamzehee, B., Khoshnevi, M., Pérez-Harguindeguy, N., Pérez-Rontomé, M.C., Shirvany, F.A., Vendramini, F., Yazdani, S., Abbas-Asimi, R., Bogaard, A., Boustani, S., Charles, M., Dehghan, M., DeTorres-Espuny, L., Falczuk, V., Guerrero-Campo, J., Hynd, A., Jones, G., Kowsary, E., Kasemi-Saeed, F., Maestro-Martinez, M., Romo-Diez, A., Shaw, S., Siavash, B., Villar-Salvador, P., Zak, M.R., 2004. The plant traits that drive ecosystems: evidence from three continents. Journal of Vegetation Science (15): 295-304.

Di Rienzo, JA., Casanoves, F., Balzarini, MG., González, L., Tablada, M., Robledo, CW., 2018. InfoStat versión 2018. Grupo InfoStat. FCA. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Donoso, C., Premoli, A., Gallo, L., Ipinza, R., 2004. Variación intraespecifica en las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. Primera edición. Editorial, Universitaria S.A. ISBN 956-11-1702-9. Santiago de Chile, 1-385.

https://books.google.com.co/?lpg=PA24&dq=Variaci%C3%83%C2%B3n+intraespec%25+C3%C2%ADfica+e+interespec%C3%83%C2%ADfica+de+los+%C3%83%C2%A1rboles&source=bl&sig=zDLUn_ZFVH3OrwynjmD3YXH1xtE&hl=es-419&sa=X

Easdale, T.A., Healey, J.R., 2009. Resource-use-related traits correlate with population turnover rates, but not stem diameter growth rates, in 29 subtropical montane tree species. Perspectives in Plant Ecology (11): 203–218. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1433831909000080

Garnier, E., Cortez, J., Billes, G., Navas, M.L., Roumet, C., Debussche, M., Laurent, G., Blanchard, A., Aubry, D., Bellmann, A., Neill, C., Toussaint, J.P., 2004. Plant functional markers capture ecosystem properties during secondary succession. Ecology 85(9): 2630-2637. http://dx.doi.org/10.1890/03-0799.

Grime, J.P., 1998. Benefits of plant diversity to ecosystems: Immediate, filtre and founder effects. Unit of comparative plant ecology, Department of Animal and Plant Sciences (86): 902-910.

Hacke, U.G., Sperry, J.S., Pockman, W.P., Davis, S.D., McCulloh, K.A., 2001. Trends in wood density and structure are linked to prevention of xylem implosion by negative pressure. Oecologia (126): 457-461.

Holdridge, L., 2000. Ecología, basada en zonas de vida. San José, C.R, IICA. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 92, 9039, 1316(83): 217 pág.

Ibrahim, M., Camero, C., Camargo, J., Andrade, H., 2003. Sistemas silvopastoriles en América Central: Experiencias de CATIE, Costa Rica Biblioteca ORTON, 1-16.

Kattge, J., Díaz, S., Lavorel, S., Prentices, I.C., Leadley, P., Bonisch, G., Garnier, E., Westoby, M., Reich, P.B., Wrigth, I.J., Cornelissen, J.H.C., Violle, C., 112 and more authors., 2011. TRY – a global database of plant traits. Global Change Biology. (17): 2905–2935. doi: 10.1111/j.1365-2486.2011. 02451.x Germany.

Kitajima, K., 1994. Relative importance of photosynthetic traits and allocation patterns as correlates of seedling shade tolerance of 13 tropical trees. Oecologia (98): 419-428.

Knevel, I.C., 2008. The LEDA traitbase collecting and measuring standards of leaf-history traits of the Northwest European Flora: Univ., community and conservation ecology group. Journal System Ecology, Doi: 10.1111/j.1365-2745.2008.01430.x. (96): 1266-1274.

Kumar-Chaturvedi, R., Joshi, J., Jayaraman, M., Bala, G., Ravindranath, N.H., 2012. Multi-model climate change projections for India under representative concentration pathways. Current Science 103(7): 791-802.

Linhart, Y.B., Grant, M.C., 1996. Evolutionary significance of genetic differentiation in plant. Department of Environmental and Biology, University of Colorado. Ecology System (27): 237–77.

Lavorel, S. y Garnier, E. P., 2002. Redicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail. Functional Ecology 16(5): 545-556.

Louault, F., Pillar, V.D., AufrÃre, J., Garnier, E., Soussana, J.F., Austin, M.P., 2005. Plant traits and functional types in response to reduced disturbance in a semi-natural grassland. Journal of Vegetation Science 16(2):151-160. http://dx.doi.org/10.1658/1100-9233(2005)016[0151:PTAFTI]2.0.CO;2

McGill, B. J., Enquist, B.J., Weiher, E., Westoby, M., 2006. Rebuilding community ecology from functional traits. Trends in Ecology and Evolution 21(4), 78-85.

McLaren, K.P., Lévesque, M., Sharma, C., Wilson, B., McDonald, M., 2011. From seedlings to trees: Using ontogenetic models of growth and survivorship to assess long-term (>100 years) dynamics of a neotropical dry forest. Forest Ecology and Management (262): 916–930.

Mediavilla, S., Escudero, A., 2004. Stomatal responses to drought of mature trees and seedlings of two co-occurring Mediterranean oaks. Forest Ecology and Management (187): 281–294.

Méndez-Alonso, R., Paz, H., Cruz-Zuluaga, R., Rosell, J.A., Olson, M.E., 2012. Coordinated evolution of leaf and stem economics in tropical dry forest trees. Ecology (93): 2397-2406.

Pérez-Almario, N., 2011. Rasgos funcionales nutricionales de especies leñosas en sistemas silvopastoriles y su contribución a la sostenibilidad de la ganadería bovina en la época seca en el departamento de Rivas, Nicaragua. Catie, Turrialba, CR. Tesis MSc, p. 138.

Pérez-Almario, N., Ibrahim, M., Villanueva, C., Skarpe, C., Guerin, H., 2013. Diversidad forrajera tropical 2: Rasgos funcionales que determinan la calidad nutricional y preferencia de leñosas forrajeras para su inclusión en sistemas de alimentación ganadera en zonas secas. Agroforesteria en las Américas Serie 50: 44-51.

Pérez-Almario, N., Ospina, S.D., Mora-Delgado, J.R., Criollo, D., Medina, E.L., 2017. Atributos funcionales para seleccionar especies de árboles y diseñar sistemas silvopastoriles o agrosilvopastoriles en zonas secas. Congreso de sistemas silvopastoriles. Manizales, Colombia, Revista CIPAV Capítulo 1, 14-22. ISBN 978-958-9386-78-1.

Perez-Harguindeguy, N., Diaz, S., Garnier, E., Lavorel, S., Poorter, H., Jaureguiberry, P., Bret-Harte, M.S., Cornwell, W.K., Craine, J.M., Gurvich, D.E., 2013. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. Australian Journal of Botany (61): 167-234.

Poorter, L., Bongers, F., 2006. Leaf traits are good predictors of plant performance across 53 rain forest species. Ecology (87): 1733-1743.

Poorter, L., Wright, S.J., Paz, H., Ackerly, D.D., Condit R., Ibarra-Manriquez G., Harms K.E., Licona J.C., Martinez-Ramos M., Maszer S.J., 2008. Are functional traits good predictors of demographic rates? Evidence from five neotropical forests. Ecology (89): 1908-1920.

Poorter, L., McDonald, I., Alarcon, A., Fichtler, E., Licona, J.C., Pena-Claros, M., Sterck, F., Villegas, Z., Sass-Klaassen, U., 2010. The importance of wood traits and hydraulic conductance for the performance and life history strategies of 42 rainforest tree species. New Phytologist (185): 481-492.

Premoli, A.C., Mathiasen, P., 2011. Respuestas ecofisiológicas adaptativas y plásticas en ambientes secos de montaña: *Nothofagus pumilio*, el árbol que acaparó los Andes australes. Asociación Argentina de Ecología. Universidad Nacional del Comahue Crub-Conicet Inibioma. Bariloche, Argentina. Ecología Austral (21): 251-269.

Reich, P.B., Wright, I.J., Lusk, C.H., 2007. Predicting leaf physiology from simple plant and climates: A global glopnet analysis. Ecological Applications 17(7):1982-1988. https://doi.org/10. 1890/06-1803.1.

Reich, P.B., 2014. The world-wide 'fast–slow' plant economics spectrum: a traits manifesto. Department of Forest Resources, University of Minnesota, USA, Institute for the Environment, and University of Western Sydney, Australia. Ecology, (102): 275–301.

Rodrigues-deAraujo, V.K., Bispo-daSilva, G., de-Lima, E., Magalhães-deMendoça, R. y Andrade-daSilva, K., 2019. Spatio-temporal variation in leaf morphofunctional attributes and relation to growth and survival of young woody plants. Brazilian Journal of Botany 42(1): 1-11. ISBN 0100-8404. https://link.springer.com/article/10.1007/s40415-018-00511-0.

Ryser, P., Urbas, P., 2000. Ecological significance of leaf life span among Central European grass species. Oikos 91(1):41-50.

Salgado, B., 2015. La ecología funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: protocolos y aplicaciones. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C. Colombia. (1ª ed.), 236.

Santiago, L.S., Kitajima, K., Wright, S.J., Mulkey, S.S., 2004. Coordinated changes in photosynthesis, water relations and leaf nutritional traits of canopy trees along a precipitation gradient in lowland tropical forest. Ecologia (139): 495-502.

Singh, K.P., Kushwaha, C.P., 2016. Deciduousness in tropical trees and its potential as indicator of climate change: A review. Ecological Indicators (69): 699–706.

Sterck, F.J., van Gelder, H.A., Poorter, L., 2006. Mechanical branch constraints contribute to leaf-history variation across tree species in a Bolivian forest. Journal of Ecology (94): 1192-1200.

Swenson, N.G. y Zambrano, J., 2017.Why wood density varies across communities. IAVS. Journal of Vegetation Science (28): 4–6.

Suding, K.N., Lavorel, S., Chapin, F.S., Cornelissen, J.H.C., Diaz, S., Garnier, E., Goldbers, D., Hooper, D.U., Jackson, S.T., Navas, M.L., 2008. Scaling environmental change through the community-level: a trait-based response-and-effect framework for plants. Global Change Biology (14): 1125-1140.

Valladares, F., 2004. Ecología del bosque mediterraneo en un mundo cambiante: Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Madrid. (M. d. M. Ambiente. Ed.).

Van Gelder, H.A., Poorter, L., Sterck, F.J., 2006. Wood mechanics, allometry, and leaf-history variation in a tropical rain forest tree community. New Phytologist (171): 367-378.

Veblen, T.T., Young, K.R., Orme, A.R., 2007. The Physical Geography of South América. Printed United States of America. Capítulo 13. Oxford University Press. https://zh.b-ok2.org/book/ 900365/f1df02. 217-231.

Violle, C., Navas, M.L., Vile, D., Kazakou, E., Fortunel, C., Hummel, I., Garnier, E., 2007. Let the concept of trait be functional. Oikos 116(5), 882-892.

Violle, C., Enquist, B.J., McGill, B.J., Jiang, L., Albert, C.H., Hulshof, C., Jung, V., Messier, J., 2012. The return of the variance: intraspecific variability in community ecology. Trends in Ecology and Evolution (27):244-252.

Wang, C., He, H., Zhao, T.H., Cao, Y., Wang, G., Sun, B., Yan, X., Guo, W., Li, M.H., 2019. The smaller the leaf is, the faster the leaf water loses in a temperate forest. Frontier in Plant Science. doi:10.3389/fpls.2019.00058, (10): 1-12.

Wright, I.J., Ackerly, D.D., Bongers, F., Harms, K.E., Ibarra-Manríquez, G., Martínez-Ramos, M., Mazer, S.J., Muller-Landau, H.C., Paz, H., Pitman, N.C.A., Poorter, L., Silman, M.R., Vriesendorp, C.F., Webb, C.O., Westoby, M., Wright, S.J., 2007. Relationships among ecologically important dimensions of plant trait variation in seven neotropical forests. Annals of Botany. doi: 10.1093/aob/mcl066. (99): 1003–1015.

Wright, S.J., Kitajima, N.J.B., Kraft, P.B., Reich, I.J., Wright, D.E., Bunker, R., Condit, J.W., Dalling, S.J., Davies, S., Díaz, S., 2010. Functional traits and the growth–mortality trade-off in tropical trees. Ecology (91): 3664-3674.

Wright, I.J., Dong, N., Maire, V., Prentice, I.C., Westoby, M., Díaz, S., Gallagher, R.V., Jacobs, B.F., Kooyman, R., Law, E.A., Leishman, M.R., Niinemets, U., Reich, P.B., Sack, L., Villar, R., Wang, H., Wilf, P., 2017. Global climatic drivers of leaf size. Science. DOI: 10.1126/science. l4760. 357(6354): 917-921.

Similitud de dieta de venado cola blanca *(Odocoileus virginianus)* y caprinos *(Capra hircus)* en un sistema silvopastoril en Cosoltepec Oaxaca

Dietary similarity of white tail deer (*Odocoileus virginianus*) and goats (*Capra hircus*) in a silvopastoril system in Cosoltepec Oaxaca

L. Rivera-Sánchez[1]; L. Mendoza Mendez; R. Soriano Robles y O. Villarreal-Espino Barros.

[1]Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, Av. San Rafael Atlixco No. 186, Col. Vicentina. Iztapalapa. 09340 CDMX. Correspondencia: lrivera@xanum.uam.mx

Resumen

En Cosoltepec, Oaxaca se localiza la UMA (DGVS-CR-EX2388-OAX.), donde el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) y ganado caprino (*Capra hircus*) se encuentran en simpatría. La caprinocultura silvopastoril representa una fuente de ingresos a la comunidad y el venado cola blanca es una especie de importancia cinegética. Medir el traslape de dietas permite proponer gestiones que faculten la conservación de ambas especies. Se realizaron análisis microhistológicos de heces de cabra y venado en dos épocas del año (seca-lluvia). Para conocer la similitud en la dieta de ambas especies, se utilizó el índice de Kulczynski y se calculó el coeficiente de correlación de Spearman. Para la época seca se encontró un traslape en las dietas de 42.0% con una correlación de 0.533 (P= 0.0020) y para la época de lluvia un traslape de 37.0% con una correlación de 0.277 (P= 0.1316). La especie más consumida por ambos herbívoros fue *Calliandropsis nervosus*, seguida de *Tabebuia chrysantha* consumida en una proporción muy similar lo mismo que *Acacia schaffneri* en la época de seca donde se observó mayor similitud en las dietas, probablemente causada por la menor cantidad de especies de plantas disponibles para el consumo y la consiguiente escasez de alimento que se presenta en esa época. El traslape de dieta entre caprinos y venado cola blanca fue menor del 50% en ambas épocas, lo que sugiere una baja competencia por los recursos.

Palabras clave: *Traslape, Simpatría, Índice de Kulczynski, Microhistología*

Abstract

In Cosoltepec, Oaxaca, is located the UMA (DGVS-CR-EX2388-OAX), where the white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) and goat cattle (*Capra hircus*), are sympatric. The silvopastoril goat farming, represents a source of income for the community and the white-tailed deer is an important hunting species. Measuring the overlap in the diets allows to propose strategies for the conservation of both species. To determine the composition of the diets, micro-histological analyzes were performed in feces of goats and white-tailed

deer at two seasons of the year (dry-rain). To know the goats and white-tailed deer diet similarity, the Kulczynski index and the Spearman correlation coefficient were calculated. For the dry season, an overlap of 42.00% was found with a correlation of 0.533 (P=0.002012), whereas for the rainy season a 37.00% overlap with a correlation of 0.277 (P= 0.1316). The most consumed species by both herbivores were *Calliandropsis nervosus,* followed by *Tabebuia chrysantha* consumed in a very similar proportion as well as *Acacia schaffneri*. The highest diet similarity was observed in the dry season, likely due to the shortage of food that occurs at this time. It is suggested to study in depth the diet preferences of both species. The goat and white tail deer diet overlapping in both seasons was lower than 50%, this suggests a low resources competition.

Keywords: *Overlapping, Sympatric, Kulczynski index, Microhistology*

Introducción

En Cosoltepec, Oaxaca se localiza la UMA (DGVS-CR-EX2388-OAX.), donde el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) y ganado caprino (*Capra hircus)* se encuentran en simpatría. La caprinocultura en Oaxaca se desarrolla bajo características económicos, culturales y ambientales particulares y representa un medio de vida importante para muchas familias (Trejo y Martínez, 2019). El venado cola blanca es una de las principales especies cinegéticas del país que ha demostrado potencial para ser una forma de aprovechamiento rentable y con amplias oportunidades (Mandujano, 2011). La actividad cinegética en México en los últimos años ha tenido un crecimiento del 8% anual (De la Vega *et al*., 2012), por lo que es imprescindible obtener información biológica confiable con el objeto de gestionar sustentablemente las poblaciones.

Las zonas ocupadas por los venados son también medios habituales de pastoreo de las cabras domésticas, dado que sus hábitos alimenticios son muy similares. En estas circunstancias Acevedo *et al*., (2008) sugiere que las cabras pueden ejercer un cierto desplazamiento de las especies salvajes forzándolas a ocupar ambientes subóptimos. Castellaro (2006), señala que de existir un alto grado de similitud entre especies es posible suponer un alto grado de competencia. Cuando los animales que tienen un cierto grado de sobreposición en sus dietas, una disminución de la disponibilidad de la pradera hace que se acentúen sus diferencias conductuales para disminuir la competencia. Por otro lado, Putman (1996), sugiere que el hecho existir un solapamiento acentuado no implica necesariamente que haya competencia. Para entender la competencia interespecífica la información sobre el solapamiento en el uso de los recursos resulta esencial (Mysterud, 2000).

Minimizar la competencia entre las especies mediante el uso de recursos alimentarios distintos es uno de los principios de la ecología de comunidades, por lo que pastorear con más de una especie animal permite optimizar el uso de las áreas de pastoreo minimizando el impacto sobre el medio (Galvez, *et al.*, 2013). Sin embargo, no todas las combinaciones son óptimas (Celaya *et al*, 2007), algunos de los principales problemas actuales de la gestión de ungulados salvajes y domésticos son los relacionados con la carga admisible y la minimización de los daños producidos sobre la vegetación.

El conocimiento de patrones de solapamiento en especies de ungulados en simpatría aporta información útil para el manejo de sus poblaciones, así como para la toma de decisiones en relación con su gestión (Sicilia, 2011).

Debido a la importancia ecológica, económica y sociocultural que tienen estas especies, así como también los desafíos a los que se enfrentan dentro de su hábitat, tales como la escasez de alimento, de fuentes de agua, de cobertura vegetal, caza ilegal, entre otros, surge la necesidad de hacer un estudio de la interacción dentro del nicho, por lo tanto, el objetivo de este trabajo es determinar el traslape de dieta de venado cola blanca *(Odocoileus virginianus)* y caprinos *(Capra aegagrus hircus)* en el municipio de Cosoltepec, Oaxaca.

Materiales y Métodos

Zona de estudio

EL municipio de Cosoltepec se ubica dentro de la Mixteca Baja, en la porción noroeste del Estado, a 18° 08’ N y 97° 47’ W, con una altitud medida en la cabecera municipal de 1820 Msnm. El clima que predomina es semicálido subhúmedo, con una temperatura media anual superior a los 18°C y una precipitación promedio anual de 509.8 mm (ECONATIVO, 2011). Los tipos de vegetación sobresalientes en la zona, siguiendo la clasificación de Rzedowski (1978), son los bosques de Pinus y Quercus, matorrales xerófilos, palmares y pequeñas áreas con bosque tropical caducifolio y bosque mesófilo de montaña.

En el municipio de Cosoltepec, se encuentra una UMA (Unidad de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre) con número de registro: DGVS-CR-EX2388- OAX. Cuenta con una superficie de 6105.39 hectáreas, con un tipo de aprovechamiento extractivo (cinegético, repoblación e investigación) para el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus mexicanus*), así como un uso no extractivo de tipo turismo y de observación. Actualmente, la UMA de Cosoltepec no aparece en los registros federales para el estado de Oaxaca (ECONATIVO, 2011).

Evaluación de la dieta

Para poder determinar la composición de la dieta del venado cola blanca y caprinos, se hizo la identificación de las estructuras vegetales a través de un análisis microhistológico en heces (Bartolomé *et al.,* 1998). La colecta de heces se realizó según la metodología de Rivera-Sánchez (2014). Las muestras fueron recolectadas durante dos épocas del año: seca (febrero-marzo del 2016) y lluvia (agosto 2017).

En el análisis microhistológico se registraron 200 fragmentos para cada época y tipo de animal. La identificación de los fragmentos se realizó mediante un catálogo de epidermis de las especies vegetales colectadas durante el periodo de seca en transectos de 100 metros de longitud divididos en 5 cuadrantes de 20 metros en dos zonas de la UMA, donde se ubican ambas especies animales.

Similitud de la dieta

Para determinar la similitud de la dieta entre el ganado caprino y venado cola blanca, se utilizó el índice de similitud de Kulczynski (Gauch, 1973):

$$S.I.K = \frac{2\Sigma c}{\Sigma(a+b)} + 100$$

Donde:
c nos indica el porcentaje menor de la planta en la dieta.

Σ (a+b) es la suma de los porcentajes de todas las especies de plantas en las dos dietas.

Una vez estimado el solapamiento de la dieta, se procedió a calcular el coeficiente de correlación de Spearman, esto con la finalidad de evaluar la correlación en la composición de la dieta entre ambas especies de animales (Rivera-Sánchez, 2014). Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa R (R Core Team, 2020).

Resultados y discusión

Para el caso de la época de seca se identificaron un total de 19 especies vegetales en la dieta del venado y un total de 14 especies en la dieta de las cabras, donde coincidieron un total de 7 especies en la dieta de venados y cabras (Figura 1). El índice de similitud (SIK), mostró para la época de seca una similitud del 42% y una correlación positiva de 0.53 siendo significativa, lo que nos indica un traslape de poco menos del 50% para la época de seca (Tabla 1). En el caso de algunas leguminosas como *Calliandropsis nervosus* y *Acacia schaffneri* el consumo en venado fue superior (30 y 10%

respectivamente) al de la cabra (14 y 6%). Esta preferencia por especies leguminosas nos confirma lo ya observado por diversos autores sobre la etología trófica del venado, como una especie oportunista o selectiva según las condiciones ecológicas de los sitios en donde habita (Sánchez-Carrillo, 2011, González y Briones-Salas, 2012). Mientras que en otras arbustivas no leguminosas el consumo en cabras fue más alto (19%) que en venados (2%), lo que concuerda con diversos autores que hablan sobre la preferencia de los caprinos por las arbustivas (Armenta *et al.*, 2011, Camacho *et al.*, 2012 y Rivera-Sanchez, 2014). La especie más consumida por ambos herbívoros fue *Calliandropsis nervosus*, seguida de *Tabebuia chrysantha* consumida en una proporción muy similar lo mismo que *Acacia schaffneri.* En el caso de las gramíneas, el consumo fue mayor en cabras y menor en venado.

En la época de lluvia se identificaron 21 especies vegetales en la dieta de venados y 13 en la dieta de caprinos, de las cuales coinciden 5 especies vegetales en la dieta de ambos animales (Figura 2).

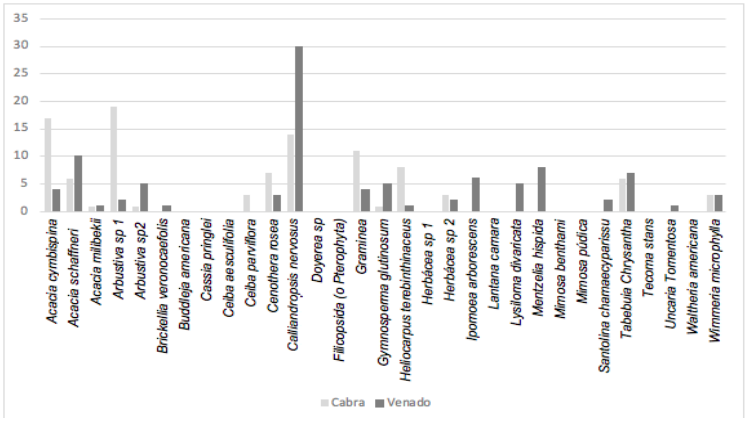


Figura 1. Dieta de cabra doméstica y venado cola blanca en época de seca (%)

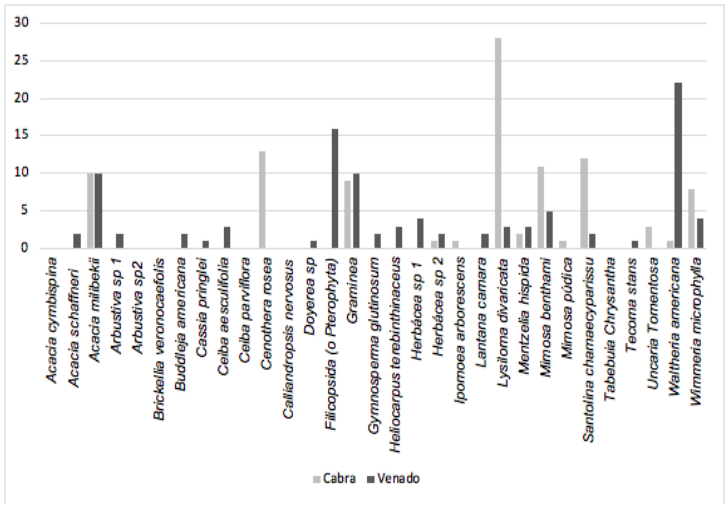


Figura 2. Dieta de cabra doméstica y venado cola blanca en época de lluvia (%)

Tabla. 1 Índice de Similitud de Kuzynsky (SIK) y correlación de Spearman del traslape de dieta de caprinos y venado Cola Blanca

Época	SIK (%)	CS
Seca	42	0.53*
Lluvia	37	0.27 ns

(ns) No significativo
(*) P< (0.05)

En caso de los caprinos la dieta se basó principalmente en *Lysoloma divaricata* (28%), *Cenothera rosea* (13%), *Santolina chamaecyparissu* (12%), *Acasia milibekii* (10%) y gramíneas (9%). En cuanto a venado cola blanca, la dieta se compuso de *Waltheria americana* (22%), *Filicopsida* (16%), *Acacia milibekii* (10%) y gramíneas (10%). Ambos herbívoros consumieron en porcentajes similares gramíneas, esto muy probablemente a que es esta época del año las gramíneas presentan una mayor digestibilidad y diversos autores concuerdan que a pesar de que las gramíneas son menos consumidas por estos animales, la época de lluvia muestra una mejor aceptación de estas y por lo tanto mayor presencia en la dieta (Hernández *et al*., 2011 y Plata *et al*. 2009.)

Los resultados del SIK indicaron una menor similitud en la dieta de ambos herbívoros para la época de lluvia (37%), estimación que fue confirmada en el resultado de la correlación (0.27), que no fue significativa. El hecho de que el traslape de dieta sea menor en época de lluvia nos sugiere una importante diferencia en las preferencias alimenticias de estos herbívoros, ya que ambos son considerados como especies con hábitos muy selectivos (Rivera-Sánchez 2014; Silva-Villalobos 1999, Arceo *et al*. 2005, Villarreal-Espino-Barros *et al*., 2008), sobre todo en épocas de abundancia como lo es la de lluvia. Mendoza (2021), encontró a partir de la biomasa existente para esta zona, que la carga animal existente está por debajo de la carga potencial. No obstante, dado que la existencia de una posible competencia por los recursos depende de muchos otros factores asociados al nicho, el grado de selección y las plantas que son seleccionadas pueden indicar un riesgo potencial de competencia interespecífica en el momento en que los recursos mayoritarios que permiten el reparto en su consumo se conviertan en limitantes (*Celaya et al., 2007*).

Conclusiones

La composición de la dieta de ambos rumiantes está basada principalmente en especies arbustivas y en menor medida de gramíneas en ambas temporadas. El solapamiento de dieta fue menor al 50% en seca, valor que se redujo en la época de lluvia a 37%, por lo que se considera que es posible tener un reducido traslape en los recursos alimentarios. Se sugieren estudios

que midan la preferencia de la dieta con respecto a la disponibilidad los recursos y así indagar sobre las especies vegetales que podrían verse afectadas bajo un escenario de incremento de las poblaciones caprinas y de venado.

Bibliografía

Arceo, G., S., Mandujano y Gallina, S. 2005. Diet diversity of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) in a tropical dry forest in Mexico. Mammalia 69: pp.159-167.

Armenta J. Ramírez R. y Ramírez R. G. 2011. Utilización del forraje y selección de la dieta por cabras pastando en un matorral sarcocaulescente en el noroeste de México. Rev. Chapingo vol.17. ISSN 0186-3231. pp. 163-171.

Acevedo, P., Cassinello, J., y Cristóbal, I. 2008. La cabra montés frente a otros ungulados de carácter invasor en el sureste de la Península Ibérica. En: Tendencias actuales en el estudio y conservación de los Caprinos Europeos. Editorial: Consejería de Medio Ambiente (Junta de Andalucía), Granada. pp.13-28

Bartolome, J., Franch, J., Plaixats, J. J, and Seligman N.G. 1998. Diet selection by sheep and goats on Mediterranean heath-woodland. Journal of Range Management, 51, pp.383-391.

Camacho J., Juárez C., Franco F. y Hernández J. 2012. Composición bromatológica de plantas arbóreo-arbustivas consumidas en una época del año por cabras en la Mixteca Poblana, México. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. Vol. 21, Núm. 1. ISSN 1022-1301. 2013. pp. 29-35.

Castellaro, G. 2006. Importancia de evaluar las dietas de ungulados en pastoreo: II. Composición del consumo de algunos ungulados sudamericanos domésticos y silvestres, interpretación de la composición botánica y medidas de competencia potencial entre las distintas especies. Avances en Producción Animal. 31(1-2): pp.17-34

Celaya R., Olivan M., Ferreira L.M.M., Martinez A., Garcia U. Y Osoro K. 2007. Comparison of grazing behaviour, dietary overlap and performance in nonlactating domestic ruminants grazing on marginal heathland areas. Livest. Sci., 106(2-3), pp.271-281.

Cerón, A. G., Gassó, D., Serrano, E., Mentaberre, G., Aguilar, X. F., & FERNÁNDEZ, L. 2013. ¿Qué sabemos sobre el solapamiento de dietas entre herbívoros salvajes y domésticos? Los pastos: nuevos retos, nuevas oportunidades, pp.375.

De la Vega Mena, A., Sangerman-Jarquín, D. M., García Salazar, J. A., Navarro Bravo, A., Damián Huato, M. Á., y Schwentesius de Rindermann, R. 2012. Evaluación financiera de la Reserva Cinegética Santa Ana. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 3(5), pp.1023-1038.

ECONATIVO, Grupo científico A. C. 2011. Uso y conocimiento tradicional mixteco de la biodiversidad www.wconativo.org

Galán Cuevas, G. E., Castañeda Hidalgo, E., Juárez Sánchez, J. P., Lozano-Trejo, S., Santiago Martínez, G. M., & Pérez León, M. I. 2019. El agroturísmo en dos municipios de la Sierra Juárez, Oaxaca, México. Agricultura, sociedad y desarrollo, 16(2), pp. 219-237.

Gauch, Jr., H. G. 1973. The relationship between sample similarity and ecological distance. Ecology, 54(3), pp.618-622.

Gonzáles B. y Briones M. 2012. Dieta de *Odocoileus virginianus* (Artiodactyla: Cervidae) en un bosque templado del norte de Oaxaca, México. Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744) Vol. 60 (1). pp. 447-457

Hernández J. Franco FJ. Villarreal OA. Camacho C. y Pedraza M. 2011. Caracterización socioeconómica y productiva de unidades caprinas familiares en la mixteca poblana. Archivos de Zootecnia 60(230). pp. 175-182.

Mandujano, S. 2011. Consideraciones ecológicas para el manejo del venado cola blanca en UMA extensivas en bosques tropicales. Temas sobre conservación de vertebrados silvestres en México. SEMARNATINE-USF & WS-UPC-UAT-UAEM, pp.249-275.

Mendoza, L. 2021.Traslape de nicho ecológico de venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) y caprinos (*Capra aegagrus hircus*) en el municipio de cosoltepec, oaxaca. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, Ciudad de México.

Mysterud, A. 2000. Diet overlap among ruminants in Fennoscandia. Oecologia, 124(1), pp.130-137.

Plata FX., Ebergeny S., Resendiz J., Villarreal OA., Bárcena R., Viccon J. y Mendoza G. 2009. Palatabilidad y composición química de alimentos consumidos en cautiverio por el venado cola blanca de Yucatán (Odocoileus virginianus yucatanensis). Arch Med Vet 41. Pp. 123-129

Putman, R.J. 1996. Competition and resource partitioning in temperate ungulate assemblies. Chapman and Hall, London.

R Core Team, 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org/.

Rivera-Sánchez, L. 2014. Ecología trófica de ungulados en condiciones de insularidad (Doctoral dissertation, Universitat Autónoma de Barcelona).

Sánchez-Carrillo. B. 2011. Plan Manejo Del Venado Cola Blanca (Odocoileus virginianus) en la comunidad de Aguacatitla, Hidalgo. Tesis para obtener el grado de Ingeniería en Restauración Forestal. pp. 156.

Sicilia, M. 2011. Ecología y comportamiento de ungulados en simpatría en un ambiente mediterráneo: interacciones entre especies nativas y exóticas de interés cinegético. Ph.D. Dissertation. Universidad de Castilla-La Mancha, Spain.

Silva-Villalobos, G., Mandujano, S., Arceo, G., Gallina, S. y Pérez-Jiménez. L.A. 1999. Nutritional value of plants consumed by the white-tailed deer in a tropical forest of Mexico. V. Sil. Neotrop. 8: 1-6.

Villarreal, E.B. O., Guevara, V. R., Franco, G. F. J., Hernández, H. J. E., Romero, C. S. y Barrera, H. T. 2008. Evaluación de las unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre del venado cola blanca en la región Mixteca, México. Zootecnia Tropical ISSN 0798-7269. v.26 n.3 Maracay. pp. 395-398.

Evaluación de microclima en un sistema silvopastoril en ambiente de clima templado

Microclimate evaluation of a silvopastoril system in a temperate climate environment

F. Schinato[1]; C. Munka[2]; A. Bussoni[3].*

[1]Departamento de Producción Forestal y Tecnología de la Madera, (FAgro), UdelaR.
Av. Garzón 780, Montevideo – Uruguay.
[2]Departamento de Sistemas Ambientales, (FAgro), UdelaR.
[3]Departamento de Ciencias Sociales, (FAgro), UdelaR.
[*]fschinato@fagro.edu.uy

Resumen

Las zonas de clima templado presentan condiciones térmicas moderadas en gran parte del año, sin embargo, en verano las olas de calor son un factor de riesgo para los sistemas pastoriles. Este estudio tuvo como objetivo evaluar el micro clima de un sistema silvopastoril (SSP) en comparación con un área de campo natural sin árboles. Las evaluaciones fueron realizadas en un predio ganadero en Uruguay, (34°1'S 55°39'O). El SSP evaluado posee orientación este-oeste y fue implantado en 2012, con *Eucalyptus grandis* en filas triples de 3 x 3 metros y callejones de 18 m. El sistema ganadero correspondió a la cría y recría de ganado de las razas Hereford y Aberdeen Angus. Para esto, se midió temperatura del aire (T), humedad del aire (HR), velocidad del viento (V), temperatura del globo negro (TGN) y radiación global en las posiciones (a) pleno sol y (b) bajo árboles, y se calculó el Índice de Clima Integral (ICI). Se evaluó la radiación fotosintéticamente activa (RFA) en el centro del callejón desde las 8:00 a 17:00 h, en la sexta semana del verano. Los árboles presentaron una altura promedio de 18 m ± 0,5 y poda hasta los 5 m. Se consideró como olas de calor los períodos de al menos tres días seguidos con un ICI promedio superior a 30°C. Los datos del verano 2020/2021 fueron analizados con un modelo lineal generalizado mixto, con las posiciones como efecto fijo, y las medidas repetidas como aleatorio. La comparación de medias fue realizada por prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$) y los procedimientos en el *software Rstudio*. Se registraron cinco olas de calor con duración promedio de 6 días ±2. Las posiciones (a) y (b) presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en todas las variables, menos en T. La HR, V y TGN fueron significativamente menores bajos los árboles, en -3,6%, -0,35 m s^{-1} y -5,3°C, respectivamente. La reducción de la HR puede estar asociada a la menor V, generando menor disipación de calor, mayor presión saturante de vapor y menor vapor absoluto bajo dosel. La reducción de la V se explica por la barrera generada por los árboles. Durante las olas de calor se verificó una baja incidencia de vientos, lo que puede haber limitado la magnitud de la diferencia entre las posiciones. Las diferencias en la TGN se deben a la menor

radiación solar directa bajo los árboles. El ICI presentó una reducción en el promedio diario de 30,7 a 25,8°C. La literatura sugiere umbrales de 25 y 30°C de ICI para condiciones generadoras de estados de estrés térmico leve y moderado en ganado adulto. Finalmente, la RFA fue interceptada en más del 90% entre las 8:00 y 17:00 h, con transmisiones intermedias, entre 30 y 60% a las 9:00, 15:00 y 16:00 h, y mayores a 85% entre las 10:00 y las 14:00 h. En conclusión, en ambientes de clima templado, la incorporación de SSP con un adecuado arreglo, disminuye las condiciones térmicas extremas durante olas de calor.

Palabras clave: *Confort térmico; olas de calor; silvopastoreo.*

Abstract

The temperate climate regions present moderate thermal conditions during most of the year, although, during summer the presence of heat waves is a risk factor for grazing systems. This study aimed to evaluate the micro climate of a silvopastoral system (SP) in comparison to a natural grassland without trees. The evaluations were conducted in a cattle rancher establishment in Uruguay (34°1'S 55°39'W). The SP was implanted in 2012, with an east-west orientation, formed by *Eucalyptus grandis* in 3 x 3 m triple rows, and 18 m alleys. The livestock component corresponded to Hereford and Aberdeen Angus breeds. For the proposed objective the air temperature (T), relative air humidity (RH), wind velocity (W), black globe temperature (BGT) and global radiation in the positions at full sun (a) and under trees (b) have been evaluated. The Comprehensive Climate Index was also calculated using the micro climate variables. The photosynthetic active radiation (PAR) was evaluated at the alley center from 8:00 am to 5:00 pm, during summer sixth week. The trees height measured 18 meters (m) ±0.5 with pruning up to 5 m. The heat waves were considered as those periods of a sequence of at least three days with an CCI average equal or over 30°C. The data from 2020/2021 summer were analyzed through a generalized mixed lineal model, considering the positions as fixed effect, and repeated measures as random. The mean comparison was realized by Tukey test (α = 0.05), and the procedures in *Rstudio*. It was registered five heat waves averaging 6 days ±2. The positions (a) and (b) presented significant differences (p < 0.05) in all variables, less in T. The RH, W and BGT were significantly reduced at (b) position in -3.6%, -0.35 m s^{-1} and 5.3°C, respectively. The reduction in RH could be associated to the reduction in W, thus generating lower heat dissipation, higher saturating vapor pressure and lower absolute vapor under tree canopies. The W reduction can be explained due the barrier generated by the trees. During the heat waves it was verified a low wind incidence, what could have limited the magnitude of differences between positions. The differences in BGT was due to minor solar direct radiation under trees. The

CCI presented a daily average reduction from 30.7 to 25.8°C, for full sun and under trees respectively. The literature indicates thresholds of 25 and 30°C for environmental conditions generating mild and moderate thermal stress in adult cattle. Finally, the PAR was intercepted by more than 90% at 8:00 am and 5:00 pm, assuming intermediate transmission levels, between 30 and 60% at 9:00 am, 3:00 and 4:00 pm, and major than 85% since 10:00 am up to 2:00 pm. In conclusion, in temperate climate environments, the SP incorporation, in a proper arrange, decrease the extreme thermal conditions during heat waves.

Key words: *heat waves; Silvopasture; thermal comfort.*

In vitro microbial efficiency of diets containing *Tithonia diversifolia*

Pérez-Márquez, S[1]; Ovani da Silva, V; Lima, PMT; Krüger, A; Abdalla, AL; Maurício, RM

[1]Unversidade Federal de Minas Gerais, e-mail: sperez@vet.ufmg.br

Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar como níveis crescentes de *Tithonia diversifolia* podem afetar a síntese de biomassa microbiana ruminal, degradabilidade e a produção de gases *in vitro* de dietas. Quatro dietas foram avaliadas: uma dieta controle e três níveis crescentes de TD (15, 45 e 75%). Um ensaio de produção de gases *in vitro* de 96 h foi realizado e 5 tempos de incubação (2, 4, 10, 24 e 96 h) foram usados para determinação da degradabilidade. Gás produzido, metano, degradabilidade da matéria orgânica (OMD), relação acetato: propionato (relação A: P), fator de partição (PF) e biomassa microbiana (MB) foram avaliados entre os tratamentos. Não houve correlação significativa ($p>0,05$) entre a inclusão TD e a produção de gás *in vitro* na maioria dos tempos de incubação; somente às 6h de incubação, a produção de gás aumentou linearmente com a inclusão do TD ($R^2 = 0.42$, $p<0.05$). Não houve efeitos da inclusão de TD no CH_4 ou na relação A: P. Exceto por 96 h, a OMD aumentou linearmente com a inclusão de TD, com TD45% sendo mais degradável do que a dieta controle em todos os tempos de incubação. Houve uma relação linear positiva ($R^2 = 0.20$, $p<0.05$) entre a inclusão TD e PF. A MB também aumentou linearmente ($R^2 = 0.30$, $p<0.05$). A inclusão do TD nos níveis utilizados neste trabalho, revelou ter um impacto positivo na síntese de proteína microbiana que pode estar relacionado a uma maior eficiência microbiana consequência de um aumento na qualidade do substrato.

Palavras-chave: *proteína microbiana, degradabilidade in vitro, forragens não convencionais.*

Abstract

The objective of this study was to assess how increasing levels of *Tithonia diversifolia* (TD) could affect ruminal microbial biomass synthesis, degradability, and *in vitro* gas production of diets. Four diets were evaluated: a control diet and three increasing levels of TD (15, 45 and 75%) as a replacement of dietary roughage. A 96 h *in vitro* gas production assay was carried out and 5 incubation times (2, 4, 10, 24 and 96 h) were used for degradability determination. Gas produced, methane, organic matter degradability (OMD), acetate: propionate ratio (A: P ratio), partitioning factor

(PF) and microbial biomass (MB) were evaluated among treatments. There was no significant correlation ($p>0.05$) between TD inclusion and *in vitro* gas production at most incubation times; only at 6 h of incubation, gas production increased linearly with TD inclusion ($R^2 = 0.42$, $p<0.05$). There were no effects of TD inclusion on the CH_4 or A: P ratio. Except for 96 h, OMD increased linearly with the TD inclusion with TD45% being more degradable than the control diet at all incubation times. There was a positive linear relationship ($R^2 = 0.20$, $p<0.05$) between TD inclusion and PF. MB also increased linearly ($R^2 = 0.30$, $p<0.05$) with the TD inclusion. The inclusion of TD at the levels used in this work revealed that it has a positive impact on the microbial protein synthesis that could be related to a higher microbial efficiency consequence of an increase in the quality of the substrate.

Keywords: *microbial protein, in vitro degradability, non-conventional feed.*

Introduction

Ruminant livestock production is one of the sectors with the greatest impact on the use of land and natural resources (Poore and Nemecek, 2018); and feed production contributes significantly to these impacts (Gerber *et al.*, 2013). Therefore, livestock activities must be more efficient in natural resource use, and also use feed that do not compete with human food (Masson-Delmotte *et al.*, 2019). Among the alternatives pointed out as able to make livestock a more efficient activity and reduce its environmental impact, the use of alternative foods with a high digestibility and the use of non-conventional fodder species can be highlighted (Herrero *et al.*, 2016). In addition, the improved and efficient use of non-conventional feeds resources that are not human edible is highly relevant in the preservation of food security (Makkar, 2004). In this context, the screening of promising forages is needed to understand their potential benefits for livestock production. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray (TD) has already gained attention as a feed for ruminants, due to the high protein content of its leaves (Mauricio *et al.*, 2014; Calsavara *et al.*, 2016; Rodríguez García, 2017), high degradability (Mahecha and Rosales, 2005; Sao *et al.*, 2010; Verdecia *et al.*, 2011; Porsavatdy *et al.*, 2016; Cardona *et al.*, 2017), biomass production (Rutunga *et al.*, 1999; Sao, 2010; Guatusmal-Gelpud *et al.*, 2020) and in general by its satisfactory animal performance (Mahecha *et al.*, 2008; Ribeiro *et al.*, 2015, 2016; Rivera *et al.*, 2015; Terry *et al.*, 2016; Cadena-Villegas *et al.*, 2020).

However, not much has been discussed about the impacts of TD on the rumen dynamics as a consequence of its chemical composition, leading to better animal performance. The *in vitro* gas production technique can generate meaningful information about the fermentation kinetics and degradation profile of the substrates and fermentation products (SCFA, CO_2,

CH_4 and microbial biomass) as well as some of the dynamics of the microbial population. Blümmel *et al.,* (1997) proposed evaluating gas production always accompanied by a degradability indicator. In this way, degradability would provide an indication of the amount of material that was fermented and the gas production would provide an estimate of how much of this fermented material was used to produce short-chained fatty acids (SCFA) and gases. Highly degradable material, especially in the early stages of fermentation, could be translated into improved dry matter intake, and a more efficient rumen population could lead to more microbial protein being sent to the posterior intestine and thus being available to the ruminant. Therefore, the aim of this study was to assess how increasing levels of TD could affect ruminal microbial biomass synthesis, degradability, and *in vitro* gas production of diets.

Material and Methods

All the procedures involving the use of animals in this study were approved by the Ethics Committee on Use of Animals of the Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"—CEUA-ESALQ/ USP (Protocol 008-2018). The experiment was carried out at the Laboratory of Animal Nutrition of the Centre for Nuclear Energy in Agriculture from the University of São Paulo (LANA/CENA/USP), in the city of Piracicaba, São Paulo state, Brazil.

Four diets were evaluated: a control diet (40% soybean meal and maize and 60% Tifton 85 (*Cynodon spp.*), and three increasing levels of TD (15, 45 and 75 % dry matter (DM) basis) as a replacement for dietary roughage. All diets were formulated for the maintenance requirement of wethers (National Research Council, 2007); and were balanced to be isoproteic, isoenergetic, and isofibrous.

TD was collected in different areas around the city of São João del Rei in Minas Gerais state, Brazil. The chemical composition (g/kg) was 887.07, 61.59, 938.40, 78.84 and 677.06 for dry matter (105°C) ash, organic matter, crude protein and NDF (NDF assayed with a heat stable amylase and expressed as exclusive of residual ash), respectively. The whole plant (leafs and stems) was harvested, milled, and then dried under the sunlight. Dried TD was then grounded again at approximately 3 cm to facilitate the diet mixture process. The diets were then ground at 1 mm (using a Willey mill) for the *in vitro* assay and also for the determination of the chemical composition. AOAC (2011) guidelines were followed for dry matter (DM), crude protein (CP), ether extract (EE) and ash fraction content. Neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and lignin were carried out according to Van Soest *et al.* (1991) adapted by Mertens *et al.* (2002). Non-fibrous carbohydrates were

calculated using the following equation: NFC = 100 – (CP + NDF + EE + Ash) (Table 2).

Ruminal content from eight adult ruminally cannulated Santa Ines wethers, collected on the day of the incubation before the morning feed, was used as inoculum following the procedure described by Lima *et al.* (2018). Animals were previously adapted to the experimental diets described above (two animals per treatment). Four inocula were prepared, each one made from a pair of animals receiving the same diet; and each substrate for the *in vitro* assay was incubated using the inoculum from the pair of animals under the same treatment diet. This procedure was repeated for four periods, each time changing the diet for each pair of animals.

For substrate preparation, 1 g of each treatment diet was weighted inside Ankom F57 fiber bags (50 µm pore size, Ankom Technology Corp., Macedon, NY, USA), heat sealed and placed in 160 mL serum vials filled with 50 mL of Menke´s buffered medium (Menke *et al.*, 1979) and 25 mL of inoculum. Incubation was carried out according to methodologies described by Longo *et al.* (2006).

Two serum vials per treatment were incubated in the corresponding diet inoculum, and 5 incubation times were used for the evaluation of degradability (2, 6, 10, 24 and 96 h). Additionally, a blank vial with no substrate and a laboratory internal standard sample vial were included with each inoculum and incubation time, totaling 80 vials. After that, the vials were sealed using rubber stops and placed in a forced air ventilation oven (incubator) at 39°C.

At 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 19, 24, 30, 36, 48, 60, 72 and 96 h after inoculation (0h), the internal pressure of the vials was measured using a pressure transducer and a datalogger (Pressure Press 800, LANA, CENA/USP, Piracicaba, Brazil). The total volume of gas produced in each vial was determined following the equation: V = (5,96 × P) where: V = gas volume (mL) and P = measured pressure (psi). Following pressure measurements, a gas sample from each vial was collected into 10 mL test tubes for CH_4 determination by gas chromatography, as described by Lima *et al.* 2018. For CH_4 sampling, at the end of each incubation time a 10 mL gas pool, composed of the samples taken at every internal pressure measurement, was obtained. After gas sampling, pressure from the vials was released, their content was homogenized and then the sample was returned to the incubator.

At each one of the five incubation times, after pressure measurements and gas sampling, incubation was interrupted in 16 of the vials (2 per treatment). The vials were suspended on cold water and the bags were removed, washed

with cold water, then treated with neutral detergent solution, dried and weighted, then they were reduced to ashes in an oven muffle (for 5 hours at 550ºC) for true degradability of organic matter determination (Goering and Van Soest, 1975). From each vial, the liquid content was collected for the determination of SCFA, according to the methodology described by Lima *et al.* (2018).

The partitioning factor (PF) and microbial biomass yield (MB) were calculated at 24 h of incubation following the equations described by Blümmel *et al*. (1997):

$$PF = TDOM/GPOM \quad (1)$$

$$MB = TDOM - (GPOM \times SF) \quad (2)$$

Where, PF = Partitioning factor; TDOM = truly degraded organic matter (mg); GPOM = volume of gas produced by gram of degraded organic matter (mL/g DOM); MB = Microbial Biomass; SF = Stoichiometrical factor.

Data were analyzed as a 4 x 4 Latin square design, with 4 periods and 4 sources of inoculum, with dietary treatment as a fixed effect and the period and source of inoculum as a random effect. ANOVA was run for each of the incubation times using Tukey test at p-Value 0.05 significance for means comparison. A Pearson correlation test and a regression analysis were performed to evaluate the effects of the inclusion of TD in the variables evaluated. For the chemical analysis data were analyzed as a randomized block design, using period as a block and Tukey test at 0.05 for mean comparison. The statistical analysis were performed using R software (R Core Team, 2021) and the "lmerTest" (Kuznetsova *et al.*, 2017), "emmeans" (Lenth, 2021) and "multcomp" (Hothorn *et al.*, 2008) packages.

Results and Discussion

Regarding incubation times overall, there was no pattern that allowed us to identify persistent behavior about the effects of TD inclusions on *in vitro* gas production (mL/g DOM) (Table 3).

Table 3. Cumulative *in vitro* gas production (mL/g DOM) of 4 diets with increasing levels of *Tithonia diversifolia* at 5 incubation times.

Incubation time	n	0%TD	15%TD	45%TD	75%TD	SE	p -Value	Linear	R^2
2	8	2.02^{ab}	2.23^{a}	1.38^{c}	1.68^{bc}	0.31	0.001	ns	-
6	8	8.41^{c}	9.10^{bc}	9.96^{ab}	10.73^{a}	0.46	< 0.001	< 0.001	0.42
10	8	19.67^{a}	17.37^{b}	17.82^{b}	18.04^{b}	0.54	0.006	ns	-
24	8	44.94	40.28	43.78	43.94	2.21	0.104	ns	-
96	8	101.61^{ab}	98.32^{b}	105.66^{a}	95.19^{b}	4.73	0.008	ns	-

Within the same row. means with different superscript letters indicates significant differences by Tukey test at p < 0.05%. **TD**: *Tithonia diversifolia.* **SE**: Standard error. **Linear**: p-Value for the linear regression between volume of gas and TD inclusion. **r^2**: Coefficient of determination for the regression.

Only at 6 hours after incubation the gas volume had a linear increase (r^2 = 0.42 p<0.001) as a consequence of the TD inclusion; with 45%TD and 75%TD being significantly higher (p<0.05) than the control. Conversely, at 10 hours of incubation there was no significant correlation (P>0.05) between TD inclusion and gas produced, and all of the diets with TD had lower (p<0.05) gas volumes than the control diet. At 24 hours of incubation there were no differences in gas production volume. Lack of differences on *in vitro* gas production when using TD have been reported by some authors, commonly indicating that TD did not have a significant influence on the volume of gas produced (Rivera *et al.*, 2013, 2021; Terry, 2016; Narvaez *et al.*, 2020).

The inclusion of TD did not affect *in vitro* CH_4 production (mL/g DOM). There was no significant correlation (p>0.05) between the inclusion of TD and CH_4 production at any of the incubation times (r = 0.06, 0.03, 0.01, 0.01, -0.06 for 2, 6, 10, 24 and 96 h, respectively). Similarly, there was no significant correlation (p>0.05) between acetate: propionate ratio (A: P ratio) and the increasing TD inclusion. This is expected, as most changes to A: P ratio are often associated to changes in the forage: concentrate ratio, and this remained unchanged for all the diets in the present experiment. The lack of differences in A:P ratio could also explain why there was no differences in CH_4 production (Terry, 2016).

Although the ADF and lignin content of the diets increased with the inclusion of TD (R^2=0.6 p<0.05), and the 45%TD diet had about 70% more lignin content than the control diet (Table 4), there was not a consistent significant reduction (p>0.05) in the gas production of 45%TD, that could be explained by a low OMD of the material result of its ADF content. There was no significant correlation between ADF content and OMD at most incubation times (r = 0.18, 0.13, 0.51, 0.29, 0.00 p = 0.3249, 0.4839, 0.0031, 0.1113, 0.9811 for 2. 6. 10. 24 and 96 h, respectively).

Table 4. Chemical composition of diets with increasing levels of TD

Parameter	0%TD	15%TD	45%TD	75%TD	SE	p-Value	Linear	R^2
DM (g/kg)	910.62	906.93	906.45	905.73	4.312	0.8557		
OM (g/g DM)	938.55 ^{a}	928.07 ^{ab}	929.67 ^{ab}	920.50 ^{b}	2.858	0.0099	0.005	0.390
CP (g/kg DM)	163.01	148.64	151.59	156.33	7.029	0.0560		
NDF (g/kg DM)*	429.00	396.63	373.39	392.70	17.315	0.2123		
ADF (g/kg DM)**	299.27 ^{b}	300.30 ^{b}	312.77 ^{ab}	345.84 ^{a}	10.260	0.0236	0.034	0.230
Lignin (g/kg DM)**	75.60 ^{c}	83.92 ^{bc}	98.48 ^{b}	129.07 ^{a}	4.070	<0.0001	<0.001	0.668
EE (g/kg DM)	23.77	16.55	17.67	17.57	1.853	0.1129		
NFC (g/kg DM)	322.77	366.19	387.03	353.89	16.487	0.1119		

DM: dry matter, **OM**: organic matter, **CP**: crude protein, **NDF**: Neutral detergent fiber, **ADF**: acid detergent fiber, **EE**: ether extract, **NFC**: Non-fibrous carbohydrates.
Within the same row, means with different superscript letters indicates significant differences by Tukey test at p < 0.05%. **SE**: Standard error, **Linear**: p-Value for the linear regression between volume of gas and TD inclusion. **R^2**: Coefficient of determination for the regression. *: NDF assayed with a heat stable amylase and expressed exclusive of residual ash. ** expressed as exclusive of residual ash.

Except for 96 h, the inclusion of TD was able to explain, at different levels (R^2=0.21-0.55), the increase in OMD (Table 5) at all incubation times. The strongest relationship was found at 6 h of incubation, when the diet with the highest inclusion of TD was approximately 8,5% more degradable than the diet without TD. Excluding 96 h, this behavior persisted at the other incubation times, where the 45%TD diet was more degradable than the control diet.

Table 5. *In Vitro* true degradability of organic matter (g/kg) of four diets with increasing levels of TD at 5 incubation times

Incubation Time	n	0%TD	15%TD	45%TD	75%TD	SE	p – Value	Linear	R^2
2	8	303.6^{b}	300.4^{b}	297.3^{b}	341.9^{a}	10.40	< 0.001	0.004	0.21
6	8	337.6^{c}	363.5^{b}	374.3^{b}	423.2^{a}	12.31	< 0.001	<0.001	0.55
10	8	425.4^{b}	404.6^{c}	422.0^{b}	456.9^{a}	10.49	<0.001	0.002	0.24
24	8	501.6^{b}	493.6^{b}	515.8^{ab}	539.2^{a}	12.06	0.002	0.002	0.24
96	8	670.9^{b}	671.6^{b}	695.3 ^{a}	657.6^{b}	8.52	0.003	ns	-

Within the same row, means with different superscript letters indicates significant differences by Tukey test at p < 0.05%. **SE**: Standard error, **Linear**: p-Value for the linear regression between volume of gas and TD inclusion. **R^2**: Coefficient of determination for the regression.

Some authors have mentioned how the inclusion of TD on *in vitro* substrates resulted in higher degradability (Pazla *et al.*, 2018; Jamarun *et al.*, 2019; Rivera, 2021); although, others have reported no significant differences (Rivera, 2013; Terry, 2016; Cardona Iglesias *et al.*, 2017). In most cases, degradability differences have been explained by changes in the proportion of structural carbohydrates within the substrates, but this was not the case for the present experiment, as the content of NFC remained unchanged between treatments.

Usually, since the volume of gas produced *in vitro* is highly correlated with substrate degradation (Blümmel, 1997), lower gas volumes are often explained by a low OMD; however, this was not the case in the present study, as there was no significant correlation (p>0,05) between OMD and gas produced (mL/g OM) (data not presented here) within each incubation time. Only 10 h after incubation a significant correlation was observed (r = -0.42 p<0,05).

This lack of correlation between the substrate OMD and the gas produced at most of the incubation times, suggest that most of the substrate was being allocated into microbial protein production instead of being fermented into CO_2 and CH_4. Regarding this, Blummel *et al*. (1997) showed with stoichiometric calculations how a substrate with a lower gas production could have a higher amount of microbial biomass produced than a substrate with a higher gas production. They explained that, in large part, this was due to microbial efficiency and SCFA production not being constant. This could be the case in the present study; being supported by the PF and MB values (Table 6). The partition factor summarizes the relationship between gas produced

and substrate degraded, with higher values being related to higher microbial efficiency, and the MB estimates how much of the degraded substrate was used for microbial synthesis (Blummel *et al.*, 1997). The diets in the present study tended to have higher PF and MB values as the inclusion of TD increased (R^2 = 0,20 $p < 0,05$ and R^2 = 0,30 $p < 0,001$, respectively); with the TD45% inclusion having higher ($p<0,05$) PF and MB values when compared to the control diet.

Preston and Leng, (1987) explained how the most efficient microbial metabolic routes in SCFA production use shorter paths, thus using less ATP and producing less gases in the process; as is the case with the fermentation of carbohydrates into propionate. As bacteria become more efficient in using ATP, they manage to put more of the consumed organic matter into growth and less into the production of gases, that is, greater efficiency.

Table 6. Partitioning factor and microbial biomass of 4 diets with increasing levels of *Tithonia diversifolia* at 24 h of *in vitro* incubation.

	n	0%TD	9%TD	27%TD	45%TD	SE	p - Value	Linear	R^2
Partitioning factor	8	3.21^{c}	3.37^{bc}	3.45^{b}	3.89^{a}	0.24	< 0.001	0.0064	0.20
Microbial biomass (mg)	8	237^{b}	227^{b}	246^{b}	280^{a}	8.78	< 0.001	< 0.001	0.30

Within the same row, means with different superscript letters indicates significant differences by Tukey test at $p < 0.05$%. **SE**: Standard error, **Linear**: p-Value for the linear regression between volume of gas and TD inclusion. **R^2**: Coefficient of determination for the regression

Other authors have also found positive results in microbial protein synthesis when using TD. Galindo *et al*. (2011) found that substituting 20% of *Cynodon nlemfuensis* with TD increased the presence of cellulolytic bacteria; and Jamarun *et al*. (2019) also reported higher microbial protein synthesis when including TD in their diets. Both authors pointed to the higher CP content of their TD diets as responsible for an improvement in fiber degradation, consequence of a higher ammonia availability for the rumen microorganisms. In the present study, there were no differences in CP content that could be used as a justification for the increased degradability; however, there could have been a change in the amino acid profile of the protein consequence of the inclusion of TD that led to better degradability and improved microbial efficiency. More research is needed to corroborate this.

Conclusions

Replacing Tifton hay with TD increased the degradability of the diet and had little effects on the volume of gas produced. The inclusion of TD at the levels used in this work revealed to have a positive impact on the microbial protein synthesis that could be related to a higher microbial efficiency consequence of an increase in the quality of the substrate. This could also explain why

despite the fact that the TD diets have a higher fiber content, this did not translate into a decrease in the degradability of the incubated material, nor in the volume of gas produced. Further research is needed to corroborate these results and to better understand the effects of *Tithonia diversifolia* on ruminal population dynamics.

Acknowlodgments

The authors are thankful to the CAPES, CNPq and FAPESP foment agencies for their support with this research.

Bibliography

AOAC, 2011. Official methods of analysis of AOAC International. in W. Horwitz & G. W. Latimer (Eds.), 18th ed. Gaithersburg, MD: Association of Official Analytical Chemists.

Blummel, M., Makkar, H. P. . and Becker, K., 1997. In vitro gas production: a technique revisited. Animal Research, 77, pp. 24–34.

Blümmel, M., Makkar, H. P. S. and Becker, K., 1997. In vitro gas production: A technique revisited. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 77(1), pp. 24–34. doi: 10.1111/j.1439-0396.1997.tb00734.x.

Cadena-Villegas, S. *et al.*, 2020. Use of Tithonia diversifolia (hemsl.) A. Gray in the diet of growing lambs. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, 72(5), pp. 1929–1935. doi: 10.1590/1678-4162-11923.

Calsavara, L. H. F. *et al.*, 2016. Potencial forrageiro da Tithonia diversifolia para alimentação de ruminantes. Livestock Research for Rural Development, 28(2), pp. 1–9. Available at: http://www.lrrd.org/lrrd28/2/ferr28017.html.

Cardona Iglesias, J. L., Mahecha Ledesma, L. and Angulo Arizala, J., 2017. Efecto sobre la fermentación in vitro de mezclas de Tithonia diversifolia, Cenchrus clandestinum y grasas poliinsaturadas. Agronomía Mesoamericana, 28(2), p. 405. doi: 10.15517/ma.v28i2.25697.

Cardona, J. L., Mahecha, L. and Angulo, J., 2017. Efecto sobre la fermentación in vitro de mezclas de Tithonia diversifolia, Cenchrus clandestinum y grasas poliinsaturadas. Agronomía Mesoamericana, 28(2), p. 405. doi: 10.15517/ma.v28i2.25697.

Galindo, J. *et al.*, 2011. Efecto de tithonia diversifolia (hemsl.) A. Gray (botón de oro) en la poblacion de protozoos y metanogénos ruminales en condiciones in vitro. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 45(1).

Gerber, P. J. *et al.*, 2013. *Tackling climate change through livestock - A global assesment of emissions and mitigation opportunities*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Available at: http://www.fao.org/3/i3437e/i3437e00.htm.

Goering, H. K. and Van Soest, P. J., 1975. Forage fiber analyses. U.S. Department of Agriculture, (379), pp. 387–598.

Guatusmal-Gelpud, C. *et al.*, 2020. Producción y calidad de Tithonia diversifolia y Sambucus nigra en trópico altoandino colombiano. Agronomía Mesoamericana, pp. 193–208. doi: 10.15517/am.v31i1.36677.

Herrero, M. *et al.*, 2016. Greenhouse gas mitigation potentials in the livestock sector. Nature Climate Change, 6(5), pp. 452–461. doi: https://doi.org/10.1038/nclimate2925.

Hothorn, T., Bretz, F. and Westfall, P., 2008. Simultaneous Inference in General Parametric Models. Biometrical Journal, 50(3), pp. 346–363. doi: 10.1002/bimj.200810425.

Jamarun, N. *et al.*, 2019. Comparison of in vitro digestibility and rumen fluid characteristics between the tithonia (Tithonia diversifolia) with elephant grass (Pennisetum purpureum). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 287(1), pp. 0–5.

doi: 10.1088/1755-1315/287/1/012019.

Kuznetsova, A., Brockhoff, P. B. and Christensen, R. H. B., 2017. lmerTest Package: Tests in Linear Mixed Effects Models. Journal of Statistical Software, 82(13), pp. 1–26. doi: 10.18637/jss.v082.i13.

Lenth, R. V, 2021. emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means. Available at: https://cran.r-project.org/package=emmeans.

Lima, P. M. T. *et al.*, 2018. Nutritional evaluation of the legume Macrotyloma axillare using in vitro and in vivo bioassays in sheep. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 102(2), pp. e669–e676. doi: 10.1111/jpn.12810.

Longo, C. *et al.*, 2006. The influence of head-space and inoculum dilution on in vitro ruminal methane measurements. International Congress Series, 1293, pp. 62–65. doi: 10.1016/j.ics.2006.03.017.

Mahecha, L. *et al.*, 2008. Evaluación del Uso de Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray ASTERACEAE, como Suplemento Forrajero de Vacas Cruzadas. in Murgueitio, E., Cuartas, C. A., and Naranjo, J. F. (eds) Ganadería del futuro: Investigación para el desarrollo. Cali, Colombia: CIPAV, p. 490.

Mahecha, L. and Rosales, M., 2005. Valor nutricional del follaje de botón de oro Tithonia diversifolia (Hemsl.) Gray, en la producción animal en el trópico. Livestock Research for Rural Development, 17. Available at: http://www.lrrd.org/lrrd17/9/mahe17100.htm.

Makkar, H. P. S., 2004. Recent advances in the in vitro gas method for evaluation of nutritional quality of feed resoures. Assessing quality and safety of animal feeds, pp. 55–88.

Masson-Delmotte, V. *et al.*, 2019. *Climate Change and Land An IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems Head of TSU (Operations) IT/Web Manager Senior Administrat*. Available at: www.ipcc.ch.

Mauricio, R. *et al.*, 2014. Tithonia diversifolia for ruminant nutrition. Tropical Grasslands - Forrajes Tropicales, 2. doi: 10.17138/TGFT(2)82-84.

Menke, K. H. *et al.*, 1979. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. The Journal of Agricultural Science, 93(1), pp. 217–222. doi: 10.1017/S0021859600086305.

Mertens, D. R. *et al.*, 2002. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: Collaborative study. Journal of AOAC International, 85(6), pp. 1217–1240. doi: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12477183/.

Narvaez, J. P. *et al.*, 2020. Producción de metano en una incubación in vitro de Cenchrus clandestinus y Lolium hybridum suplementado con Tithonia diversifolia en el trópico alto del departamento del Putumayo, Colombia. Livestock Research for Rural Development, 32(9). Available at: http://www.lrrd.org/lrrd32/9/jpan32151.html.

National Research Council, 2007. *Nutrient Requirements of Small Ruminants*. Washington, D.C.: National Academies Press. doi: 10.17226/11654.

Pazla, R. *et al.*, 2018. Microbial protein synthesis and in vitro fermentability of fermented oil palm fronds by phanerochaete chrysosporium in combination with tithonia (Tithonia diversifolia) and elephant grass (pennisetum purpureum). Pakistan Journal of Nutrition, 17(10), pp. 462–470. doi: 10.3923/pjn.2018.462.470.

Poore, J. and Nemecek, T., 2018. Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. Science, 360(6392), pp. 987–992. doi: https://doi.org/10.1126/science.aaq0216.

Porsavatdy, P., Preston, T. R. and Leng, R. A., 2016. Effect on feed intake, digestibility, N retention and methane emissions in goats of supplementing foliages of cassava (Manihot esculenta Crantz) and Tithonia diversifolia with water spinach (Ipomoea aquatica). livestock Research for Rural Development, 28. Available at: http://lrrd.cipav.org.co/lrrd28/5/phon28072.html.

Preston, T. R. and Leng, R. A., 1987. *Matching ruminant production systems with available resources in the tropics and sub-tropics*. Armidale, Australia: Penambul Books.

R Core Team, 2021. R: A language and enviroment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Available at: https://www.r-project.org/.

Ribeiro, R. S. *et al.*, 2015. The effects of Tithonia diversifolia on dairy cow performance. in XXIII International Grassland Congress IGC 2015. 973rd edn. New Delhi, pp. 24–26.

Ribeiro, R. S. *et al.*, 2016. Tithonia diversifolia as a supplementary feed for dairy cows. Plos One, 11(12), p. e0165751. doi: 10.1371/journal.pone.0165751.

Rivera, J. *et al.*, 2021. Effect of different genotypes of Tithonia diversifolia on fermentation of feed mixtures with Urochloa brizantha cv. Marandú. Crop and Pasture Science, (August). doi: 10.1071/cp21102.

Rivera, J. E. *et al.*, 2013. Fermentación in vitro y composición química de algunos forrajes y dietas ofrecidas bajo un Sistema Silvopastoril en el trópico de altura. Livestock Research for Rural Development, 25. Available at: http://www.lrrd.org/lrrd25/10/rive25174.htm.

Rivera, J. E. *et al.*, 2015. Efecto de la oferta y el consumo de Tithonia diversifolia en un sistema silvopastoril intensivo (SSPi), en la calidad y productividad de leche bovina en el piedemonte Amazónico colombiano. Livestock Research for Rural Development, 27. Available at: http://www.lrrd.org/lrrd27/10/rive27189.html.

Rodríguez García, I., 2017. Potencialidades de Tithonia diversifolia (Hemsl.) Gray en la alimentación animal. Livestock Research for Rural Development, 29(4), pp. 1–11. Available at: http://www.lrrd.org/lrrd29/4/idal29063.html.

Rutunga, V. *et al.*, 1999. Biomass production and nutrient accumulation by Tephrosia vogelii (Hemsley) A . Gray and Tithonia diversifolia Hook F . fallows during the six-month growth period at Maseno , Western Kenya. Biotechnology Agronomy Social and Environment, 3(4), pp. 237–246.

Sao, N. Van, Mui, N. T. and Binh, D. Van, 2010. Biomass production of Tithonia diversifolia (Wild Sunflower), soil improvement on sloping land and use as high protein foliage for feeding goats. Livestock Research for Rural Development, 22(8). Available at: http://www.lrrd.org/lrrd22/8/sao22151.htm.

Van Soest, P. J. J., Robertson, J. B. B. and Lewis, B. A. A., 1991. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. Journal of Dairy Science, 74(10), pp. 3583–3597. doi: http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2.

Terry, S. A. *et al.*, 2016. Effects of Tithonia diversifolia on in vitro methane production and ruminal fermentation characteristics. Animal Production Science, 56, pp. 437–441. Available at: https://doi.org/10.1071/AN15560.

Verdecia, D. M. *et al.*, 2011. Nutritive value of the tithonia diversifolia in a location of valle del cauto. Revista Electronica de Veterinaria, 12.

Caracterización de sistemas silvopastoriles para el estudio de producción de servicios ambientales

Features of silvopastoral systems and a study of environmental services

A. Bussoni Guitart[*]; F. Dieguez Cameroni; M. Boscana Goires; F. Schinato; H. Bueno; F. Varela; C. Munka Moreno; C. Saravia Tomasina

*Departamento de Ciencias Sociales, Facultad de Agronomía de la Universidad de República, Uruguay Av. Eugenio Garzón 780, C.P. 12900, mail: abussoni@fagro.edu.uy

Resumen

La producción integrada de carne y madera ha ido evolucionando en la última década; se estima que al menos un 7% de las unidades ganaderas del Uruguay se encuentran en predios ganaderos con forestación comercial. El estudio de la producción integrada de ganado y forestación, se debe evaluar desde una dimensión económico financiera y ambiental. Estos sistemas pueden representar una estrategia productiva frente a exigencias internacionales referidas al Cambio Climático. En este trabajo se presenta la caracterización de 4 sistemas ganaderos con integración de forestación comercial o de servicio a la ganadería, con el objetivo de establecer posibles trayectorias temporales y su posible resultado en los servicios ambientales a la ganadería. Los cuatro establecimientos son ganaderos, cuentan con plantaciones forestales en configuraciones espaciales que permiten el pastoreo bajo monte el mayor tiempo de la rotación. Dos de los casos son sistemas con objetivos productivos de obtención de madera sólida en baja densidad, los otros dos casos, son sistemas orientados a la producción de madera para servicio ganadero y eventual cosecha para pulpa o energía. Se realiza una caracterización de los sistemas de producción, los recursos naturales, la organización del trabajo, así como los objetivos y metas de los sistemas. Los rasgos salientes de los casos bajo estudio, permitirá establecer diferentes caminos productivos, cantidad y calidad de los servicios ambientales en el sistema.

Palabras clave: *servicio ambiental; forestación, sistemas ganaderos*.

Abstract

Integrated meat and wood production has evolved during the last decade; at least 7% of livestock units are located on livestock farms with commercial forestry. The study of integrated livestock production and forestry should be evaluated from an economic, financial and environmental dimension. These systems can represent a productive strategy in the face of international

demands related to Climate Change. This work presents the characterization of four livestock systems with forests plantation, with the aim of establishing possible temporal evolution and their possible results in environmental services. In the four cases the arrangement of the forest plantations, allow grazing during the longest period of the rotation. Two cases are oriented to obtain solid lumber products ~~in~~ from low forest density plantations; the other two cases are oriented to livestock service and eventually harvesting for chopped or energy. A characterization of the production systems is carried out: as well as natural resources, work organization, objectives and goals. Significant features under study are presented and analyzed, which will make possible to establish different productive paths, quantity and quality of environmental services of the systems.

Key words: *afforestation; agroforestry; environmental service; livestock system; silvopastoril systems*

Introducción

Uruguay presenta un sector foresto-industrial en expansión, en donde los productores ganaderos pueden integrar de diversas formas este rubro. Entre las inversiones a destacar está la construcción de una tercera planta de producción de celulosa, en el centro norte de Uruguay en el límite departamental entre Durazno y Tacuarembó. Se estima que la puesta en marcha de esta tercer planta, elevará la extracción de madera para fabricación de pulpa de celulosa de 11 a 18 millones de metros cúbicos anuales; se agrega además la inversión de una planta de fabricación de Tableros CLT (Cross Laminated Timber) y otra planta de tableros contrachapados TRP (Tropical Replacement Panel) con demandas anuales proyectadas de 35.000 y 400.000 m^3, respectivamente, que se agregará a la extracción de 4 millones de m^3, con destino de madera sólida (DGF-MGAP, 2021). Existen oportunidades actuales y potenciales para que los productores ganaderos se integren a la cadena forestal, lo que representa un potencial aumento de los ingresos en el establecimiento y la posibilidad de generar servicios ambientales. Estos se deberían cuantificar y evaluar para diferentes situaciones productivas como diferentes marcos de plantación, especie forestal y zona del país.

Se estima que al menos un 7% de las unidades ganaderas (UG) del Uruguay se encuentran en predios ganaderos con forestación comercial según datos que se deducen del MGAP (2011). El estudio de la producción integrada de ganado y forestación, que incorpore en su evaluación los servicios ambientales como el balance de gases efecto invernadero (GEI) y la evaluación de servicios a la ganadería se deben evaluar desde una dimensión económico financiera y ambiental. Estos servicios pueden representar una estrategia productiva frente a exigencias internacionales de mercado como

por ejemplo las referidas al Cambio Climático. Entre los factores que inciden en la emisión de carbono en el sistema ganadero se encuentra el tipo de alimentación, las categorías animales y el tiempo de terminación de las categorías que se producen en el establecimiento. Por otro lado, la superficie y sistema forestal determina la mayor o menor permanencia de biomasa arbórea creciendo y colaborando con la baja de emisiones netas de carbono, así como el bienestar animal.

La incorporación de montes forestales en establecimientos agropecuarios es una actividad que requiere conocimiento, desarrollar diferentes habilidades y tener disponibles recursos financieros (Mercer, 2004). A pesar de su potencial en cuanto a mejoras productivas, ambientales y económicas, la adopción de estos sistemas es bajo en general en Latinoamérica; por ejemplo, en Chile el productor familiar presenta un área promedio de 2 ha forestadas sobre un promedio de 50 ha en producción (Sotomayor, 2010). En Uruguay, la producción integrada se ha ido incorporando lentamente en la última década: se estima que al menos un 9% de las unidades ganaderas (UG), se encuentran en predios con alguna proporción de forestación comercial de las cuales, 7% de las UG se ubican en predios ganaderos (Bussoni *et al*., 2019a). Adicionalmente, de la última cartografía forestal realizada se desprende que los montes de abrigo y sombra, que se podría pensar se ubican en su mayoría en predios ganaderos y lecheros, ocupan alrededor del 8% de poco más de un millón de hectáreas plantadas (MGAP, 2019).

Existe el compromiso de países como Uruguay de reducir sus emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) en la producción agropecuaria (UN 2015). Estas reducciones que son voluntarias para el país, se podrían ver forzadas por retos potenciales como la concreción de un impuesto al carbono en productos importados planteado en la Unión Europea, destino que representa el 19% de las exportaciones cárnicas para el Uruguay (UruguayXXI, 2019). Es en este contexto que países productores de carne están tomando acciones de adaptación y mitigación y de esta manera tratar de mejorar las condiciones, para un mercado internacional con requerimientos de bajas emisiones de GEI. A modo de ejemplo, el instituto Embrapa en Brasil, impulsa la idea de valorar desde el punto de vista ambiental la carne producida en sistemas con árboles (Villa Alves *et al*., 2015); incluso considera la implantación de pasturas en las entre filas de los árboles y un mínimo de área de sombra de 10-30% para el bienestar animal. A partir de estudios de sistemas silvopastoriles, con *Ecualyptus spp*. en rotaciones de 8 años, se obtiene un balance neto de +2,73 $MgCO_2ha^{-1}$ en esos sistemas (de Oliveira Resende *et al*., 2019). Trabajos llevados adelante en Uruguay (Bussoni *et al*., 2021) demuestran la posibilidad de compatibilizar metas ambientales y económicas en base a una planificación en el predio que no siempre se pueden adaptar para todas las situaciones, ya que el productor debe estar

dispuesto a que buena parte del área productiva esté en sistemas mixtos de producción de carne y madera.

Predios integrados en Uruguay, que presentan marcos de plantación en callejones de (3x2)[8] +15 m, en una densidad baja (555 pl/ha) con *Eucalyptus dunnii*, resultan en una mejora en la rentabilidad del sistema y en las condiciones de abrigo al ganado; otros sistemas estudiados con *Eucalyptus globulus* en marcos de plantación de 5x3 m (555 pl/ha), (2x2) + 8 m (1.000 pl/ha) y 3,5 x 2,27 m (1.258 pl/ha), resultan en un incremento promedio de 12% a 14% de la Tasa Interna de Retorno en el potrero (Bussoni *et al*., 2019b). Entre los servicios ambientales que las masas forestales brindan, se encuentra la sombra y abrigo al ganado que puede mejorar la productividad ganadera y crear las condiciones para producir de una manera más sustentable; Munka, (2017) identifica una mejora en la temperatura ambiente bajo dosel, que resulta en una disminución promedio de 3,5ºC en verano y un aumento de 0,7 ºC en invierno, lo que mejora el bienestar animal. Otros servicios ambientales de importancia son la regulación de escorrentías disminuyendo la erosión del suelo, la menor evapotranspiración bajo dosel lo que mejora la producción de forraje en épocas estivales, el reciclaje de nutrientes desde el horizonte profundo del suelo a través de la hojarasca y la polinización entre otros servicios ambientales (de Groot *et al*., 2002).

La producción forrajera bajo dosel determina en gran medida, la producción ganadera en estos sistemas; el marco de plantación, la especie forestal y la edad influyen en la cantidad de forraje bajo dosel. En un marco de plantación en callejones (2x2) + 8 m con *E. globulus*, se obtiene que la producción forrajera es mayor bajo monte entre el primer y segundo tercio de la rotación forestal (Boscana, 2019). Estas condiciones van cambiando, cuando el dosel de copa se cierra se produce un descenso en la producción forrajera, sobre todo en buenas condiciones climáticas en donde la diferencia entre la disponibilidad de forraje es mayor fuera de la plantación; Delgado (2021) encuentra una menor producción forrajera (25-35%) con respecto a campo natural sin árboles, para un estudio llevado a cabo en una plantación de *E. globulus* de 9,5 años plantado a (2x2) + 7 m.

Otro servicio relevante es el almacenamiento de carbono en el fuste y ramas de los árboles, lo que puede contribuir a reducir las emisiones netas de GEI en estos sistemas. El 95% de las emisiones de GEI de la producción de la cadena cárnica, proviene de los establecimientos agropecuarios; a su vez este sector emite el 42% del total de GEI en Uruguay (MGAP *et al*., 2013). Entre los factores que más inciden en las emisiones se encuentra la productividad

[8] Los marcos de plantación se expresan como la distancia en metros entre: filas de plantación (primer número), entre plantas (segundo número), a continuación del signo "+" la distancia del callejón.

animal y la alimentación. Estudios en el país, sobre estimaciones de emisión (Becoña, 2015; Becoña López *et al*., 2013; Oyhançabal *et al*., 2013) dan como resultado que la cría, es la etapa de mayor emisión por kilogramo de carne producida, debido a las categorías de rodeo que aumentan los valores del sistema. Estos valores se incrementan a medida que el sistema de producción conlleva una mayor estadía del animal, lo que estaría ligado a la eficiencia y al sistema ganadero empleado. Por ejemplo, de dos estudios de caso para Uruguay, el sistema de ciclo completo resulta en una emisión de 21 CO_{2e}/kg de carne, mientras que el sistema de cría da como resultado una emisión de 18,4 kg CO_{2e}/kg de carne, (Becoña López *et al*., 2013). Los estudios sobre la emisión de GEI en la producción ganadera convergen en identificar las variables que más inciden en el resultado de las emisiones, destacándose la calidad de la dieta, la digestibilidad y la duración del ciclo de un animal terminado (Oyhançabal *et al*., 2013). En Argentina, Frank *et al*. (2014) estima emisiones de 2,5 kg $CO_{2\text{-}e}$/kg de carne producida, incidiendo el sistema productivo ganadero (criador, invernador) y el tipo de alimentación. En un estudio llevado adelante en Irlanda, se encuentra que la edad de faena y la productividad ganadera son los dos factores que más inciden en el balance de GEI (Taylor *et al*., 2020). Sin embargo, el trabajo de Picasso *et al*. (2014) señala que estos valores pueden ser contradictorios según se expresen en la unidad de producto carne (kg) o en la emisión anual (kg CO2e/ha/año) por lo que se debería tener en cuenta ambos indicadores y analizarlos en ese contexto. Sobre un total de 45 casos recopilados en Latinoamérica que estiman el secuestro de carbono en sistemas agroforestales, solo 3 estudios corresponden a sistemas silvopastoriles (Feliciano *et al*., 2018); este estudio señala la falta de información diferencial en el balance de carbono según el tipo de sistema agroforestal.

En base a los estudios realizados a nivel nacional y regional y las condiciones potenciales de mercado brevemente mencionadas, se puede resaltar que, como menciona Dieguez y Fort (2017), el diseño de la actividad ganadera debería incorporar la dimensión eco-sistémica, teniendo en cuenta el paradigma de intensificación ecológica. Se debe poder integrar los aspectos ambientales, productivos y económicos para obtener modelos que permitan evaluar los trade-off o compensaciones entre los servicios ambientales en un horizonte temporal (Baskent *et al*., 2020).

Los países productores de bienes agropecuarios deberían generar estrategias para incorporar el valor ambiental de sus productos (Oyhançabal *et al*., 2013) que adicione valor a sus exportaciones o evite potenciales barreras no arancelarias de comercio. En este contexto sería importante tener resultados de estos modelos integrados a través de evidencia científica y empírica como insumo para políticas del sector y mecanismos de negociación.

El objetivo principal de este trabajo es presentar una caracterización de 4 sistemas ganaderos con integración de forestación comercial y de servicios para poder establecer posibles trayectorias temporales de ambas producciones. Dos de los casos son sistemas con objetivos productivos de madera sólida y los otros dos casos son sistemas orientados a la producción de madera para servicio ganadero y eventual cosecha para picado o energía. Los 4 casos son sistemas ganaderos que cuentan con plantaciones forestales, en configuraciones espaciales que permiten el pastoreo bajo monte el mayor tiempo de la rotación. Se estima la producción de biomasa forrajera en campo natural y bajo monte y la biomasa forestal a partir del establecimiento de parcelas permanentes. Para poder establecer la variación temporal de estos servicios, es importante realizar una correcta caracterización de los casos ya que el sistema ganadero se beneficia de los recursos naturales disponibles, la organización del trabajo, los objetivos y metas de los sistemas. En este trabajo se presenta la caracterización de los casos bajo estudio y se analiza la posible evolución temporal de ambas producciones en el sistema productivo.

Materiales y Métodos

Los casos se relevaron en base a entrevistas semi estructuradas en forma remota, luego se realizó al menos una visita a los predios, en donde se completaron aspectos no cubiertos en la primera parte.

Los casos de estudio se presentan en la Figura 1 con su geo-referencia en la Tabla 1.

Tabla 1. Geo-referencias de los Casos.

Caso	Latitud	Longitud
1	*34°1'38.66" S*	*55°40'36.00"O*
2	*33°41'24.88"S*	*55°39'31.73"O*
3	*31°55'22.62"S*	*56°2'58.06"O*
4	*31°23'17.52"S*	*57°45'30.96"O*

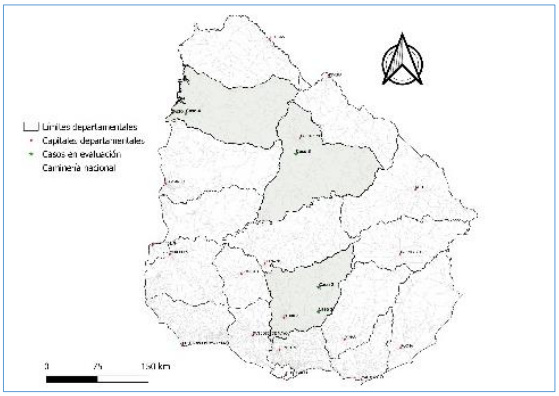


Figura 1. Ubicación de los Casos en el mapa

El caso 4 se encuentra en el Departamento de Salto; es un área de la Estación Experimental de Facultad de Agronomía (UdelaR), el cual es manejado con una orientación productiva.

En las dos etapas de las entrevistas, se recaban datos de las siguientes áreas:

1. *Área caracterización general*: ubicación del predio, organización, rol del entrevistado, organización del trabajo, proceso de toma de decisiones, etc.
2. *Área ganadera:* sistema ganadero en el establecimiento *Cría* que es la crianza de terneros al pie de la madre, *Recría* entendido como la obtención de categorías livianas de engorde o *Ciclo Completo* cuando se termina el animal hasta la categoría de novillo, raza ganadera vacuna y ovina, principal producto del sistema, tiempo para alcanzar los productos. A su vez el sistema puede ser cerrado cuando todo el ciclo se completa con animales del establecimiento o abierto cuando eventualmente puede haber compra de categorías para su recría o engorde.
3. *Área uso del recurso suelo*: relevamiento de campo natural, mejoramientos, pradera permanente y verdeos. Suelos de aptitud forestal en el establecimiento. Presencia de potreros, tipo de pastoreo: rotativo, permanente, entre otros.
4. *Área de Sistemas Silvopastoriles (SSP):* producto principal y secundario del sistema, motivación en la incorporación de los montes, marcos de plantación y especies más utilizadas, breve descripción de los mercados forestales a los que se busca mandar los productos forestales. Estrategia utilizada en el pastoreo de las áreas forestadas: momento de inicio y categorías. Percepción de los beneficios de los SSP.

Se presenta una caracterización general y luego una tabla que resume los principales datos de cada área para luego discutir los resultados.

Resultados y discusión

Los predios se encuentran ubicados en 4 departamentos del país como se muestra en la Figura 1. Los entrevistados fueron para el Caso 3 (C.3) un productor al frente de su establecimiento y tres administradores (C.1, C.2 y C.4) al frente de la producción y la toma de decisiones en los predios. Tanto el C.3 como el C.4 se encuentran al norte del Río Negro siendo una zona del país caracterizada por temperaturas más cálidas y de mayor amplitud térmica con respecto al sur del país.
Los cuatro casos detallados en la Tabla 2 son predios ganaderos comerciales, presentan SSP en baja densidad y en todos los casos el productor valora como positivo la presencia de los montes forestales para el confort animal; también

en la totalidad de los casos los SSP se establecieron a partir de asesoramiento profesional.

Los casos difieren en la orientación productiva ganadera y forestal; mientras el C.1 y C.3 plantaron los montes con objetivos de producir madera sólida, el C.2 y C.4 tienen como objetivo principal el servicio de sombra y abrigo al ganado, si bien el C.2 deja planteado una estrategia para cosechar los SSP en un futuro.

El C.1 y C3 están en una zona de cercanía al puerto de exportación y la industria de transformación, respectivamente lo que define el manejo intensivo de los SSP, en los que ya se aplicaron podas y raleos. En esos dos casos existe una plantación escalonada previendo su cosecha y manejo de rebrote lo que garantiza la permanencia de sombra y abrigo en el predio. En estos dos casos los SSP están en el plan productivo y con expectativas de una mejora de la rentabilidad en el predio.

En todos los casos se pastorean los SSP con categorías ganaderas livianas en el C.1 se pastoreó en franjas con terneros suplementados, también se emplean los montes para los ovinos, en especial las ovejas de parición esquiladas lo que ha permitido mejorar los indicadores ovinos. Cuando el SSP está pastoreado se entra con las categorías como oveja seca. En el C.2 se pastorea a partir de los 2 años utilizando las franjas para realizar fardos y se optimiza el pastoreo en estos sistemas empleando un pastoreo en franjas con alambrado eléctrico. En el C.3 se pastorea con terneros y novillitos y vaquillonas en el último tercio de la gestación.

Conclusiones

Todos los casos presentados son predios con una superficie mediana a grande, planifican el uso de pasto en el callejón del SSP, el empleo de categorías jóvenes y presentan una estrategia de optimización en el uso del pasto remanente para reservas, como fardos. En un caso la actividad ovina es igual de importante que la actividad vacuna.
Los casos descriptos permiten contar con valiosa información de los predios lo que habilita evaluar diferentes modelos de integración y beneficios ambientales como secuestro de carbono e indicadores biometeorológicos y fisiológicos de confort del ganado. La evolución de estos servicios dependerá de la especie forestal, el marco de plantación y la estrategia de los SSP en la planificación de los casos
Los detalles recabados junto a la información de campo aportan en el conocimiento de estos sistemas en un momento de expansión de la demanda de carne y madera en los mercados internacionales y permitirá construir las

trayectorias temporales de las variables productivas económicas y ambientales relevadas.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la financiación de este trabajo por parte de la Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC) a través del proyecto "Estudio de la contribución ambiental de Sistemas Silvopastoriles en la producción de carne", traspaso de fondos Nº 25. Nuestro agradecimiento a los productores que participan y apoyan el proyecto.

	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
Caracterización Siste	*Ganadero*			
Superficie predio ganadero (ha)	1.260	2.000	1.600	650
Sistema ganadero vacuno (raza) / Ovino	Ciclo Completo Cerrado (Hereford (H) y Aberdeen Angus (AA))/ Ovinos doble propósito (Corriedale).	Ciclo completo abierto con feed lot (Wagyu).	Ciclo Completo abierto(Bradford).	Cría (Hereford)/ Ovinos.
Principal producto ganadero vacuno/ovino	Vacunos: Ternero de 1,5 años (220-270 kg) + Novillito + Vaquillona + Novillo liviano (370-400 kg), Ovinos: Lana fina + Borregas 28-30 kg + Cordero pesado (40 kg).	Novillos de 3 años de 650-700 kg.	Novillo 400-410 kg.	Terneros machos 220-230 kg.
Subproductos ganaderos del sistema	Vaca cría descarte + vaca refugo.	Vaca de invernada 420 kg Vaquillona gorda	Vaquillonas vacías	Terneras de descarte, Vaca para invernada (470 kg), Vaca refugo (560 kg).
Gestión del ganado	Destete precoz de terneros (100-120 kg) en vaquillonas de segunda parición. Suplementación terneros en Otoño-Invierno.	Destete precoz-corral 3 meses – Segundo año: CN y PP- Tercer año: terminación en feed lot.	Destete con 175 kg-Corral 20 días (ración)- Rotativo intensivo	Se manejan las hembras en tres lotes Vaquillona, Vaca primera parición y Vaca Multípara.
Indicadores productivos	Preñez 82%, Destete 78%	Preñez 92%, Reposición 30-40 %, Destete precoz.	Preñez 60-65% Edad primer entore:2 años, Perdida neonatal 6%, Destete 60%,	Preñez 95%.
Promedio de descanso potreros (días/altura pasto-cm)	20	21-90	60 días en época estival y 110 días en invierno; altura pasto.	5 cm

	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
Área uso recurso suelo				
Tipo de Pastoreo	Rotativo Racional en módulos.	Rotativo Franjas.	Rotativo Intensivo.	Rotativo.
Pastoreo /Pastos predominantes/Uso del suelo	CN CN mejorado con Lotus Rincón/ Verdeos.	CN -Lotus/ Rye grass/ Verdeo de avena/Silo de maíz.	CN estivales/ Lotus Maku.	CN/Avena/Sorgo/Festuca/Rye grass/Lotus
Área Sistemas Silvopastoriles y montes				
Especies en SSP / edad (años)	*E. grandis*	*E. dunnii*	*E. grandis*	*E. tereticornis*
Marco de plantación				
Objetivo principal del SSP	Madera sólida	SSP Sombra y Abrigo	Madera sólida	Sombra y Abrigo
Superficie SSP (ha)	105	155	140	
Marco de plantación (m)	(3x3x2) + 18	(2x2) + 17	(5x5) + 20	3x2
Años de plantación	2012 / 2015 / 2019.	2017 / 2019.	2015 / 2016 / 2017.	2006
Subproducto esperado del SSP	Madera picado.	Madera picado	Madera picado	Madera
Manejo ganado en los SSP y categorías	Pastoreo en franjas con terneros suplementados. Ovejas en parición, esquiladas Ovejas secas en franjas ya pastoreadas.	A partir de los 2 años del SSP. Pastoreo franja con eléctrico	Se pastorea con categorías jóvenes: Terneros y Novillitos. También Vaquillonas en el último tercio gestación	Los vacunos pasan el verano en potreros con monte
Servicio Sombra y Abrigo (opinión del productor)	Favorable	Percepción favorable pero sin evaluación objetiva.	Favorable en especial en invierno.	Sin evaluación, se montó un ensayo para medir el servicio.
Considera que el SSP mejorar la rentabilidad del predio?	SI	Sin evaluación	Si	Ensayo con animales con acceso a sombra muestran mayor ganancia de peso

Bibliografía

Baskent, E.Z., Borges, J.G., Kaspar, J., 2020. A Framework for Addressing Multiple Ecosystem Services in Forest Management Planning. doi:https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-38025/v1

Becoña, G., 2015. Emisiones de gases efecto invernadero en sistemas ganaderos y sus repercusiones en el cambio climático. Visión y evaluación por parte de los productores, in: Morales Grosskopof, H., Dieguez Cameroni, F. (Eds.), Construcción Participativa de Una Plataforma de Aprendizaje. Plan Agropecuario, Montevideo, pp. 145–152.

Becoña López, G., Ledgard, S., Wedderburn, E., 2013. A Comparison of Greenhouse Gas Emissions from Uruguayan and New Zealand Beef Systems. Agrociencia Uruguay 17, 120–130.

Boscana, M., 2019. Efecto del marco de plantación en los resultados productivos y económicos en sistemas silvopastoriles. Universidad de la Republica.

INICIO
CRÉDITOS
COMITÉS
CONTENIDO
SECCIÓN I
SECCIÓN II
SECCIÓN III
SECCIÓN IV

Bussoni, A., Álvarez, J., Cubbage, F., Ferreira, G., Picasso, V., 2019a. Diverse strategies for integration of forestry and livestock production. Agrofor. Syst. 93, 333–344. doi:10.1007/s10457-017-0092-7

Bussoni, A., Boscana, M., Varela, F., Llanos, E., Picasso, V., Cubbage, F., Alconada Magliano, M., Carricaburu, F., 2019b. Producción Ganadera y Forestal: Análisis de Sistemas de Producción Integrados. Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur S.R.L., Montevideo.

Bussoni, A., Cubbage, F., Alvarez Giambruno, J., 2021. Silvopastoral systems and multi-criteria optimization for compatible economic and environmental outcomes. Agric. Syst. 190, 103118. doi:10.1016/j.agsy.2021.103118

de Groot, RS, Wilson, M., Boumans, R. 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. Ecol. Econ. 41, 393-408.

de Oliveira Resende, L., Müller, M.D., Kohmann, M.M., Pinto, L.F.G., Cullen Junior, L., de Zen, S., Rego, L.F.G., 2019. Silvopastoral management of beef cattle production for neutralizing the environmental impact of enteric methane emission. Agrofor. Syst. 0123456789, 893–903. doi:10.1007/s10457-019-00460-x

Delgado, M., 2021. Caracterización del Ambiente Microclimático y del Tapiz Vegetal en Sistemas Silvopastoriles. Universidad de la República.

DGF-MGAP, 2021. Estadísticas Forestales 2021. Montevideo.

Dieguez, F., Fort, H., 2017. Towards scientifically based management of extensive livestock farming in terms of ecological predator-prey modeling. Agric. Syst. 153, 127–137. doi:https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.021

Feliciano, D., Ledo, A., Hillier, J., Nayak, D.R., 2018. Which agroforestry options give the greatest soil and above ground carbon benefits in different world regions? Agric. Ecosyst. Environ. 254, 117–129.

Frank, F., Montero, G., Ricard, F., Sirotiuk, V., Viglizzo, E., 2014. La huella de carbono en la agroindustria. INTA, Anguil.

Mercer, D.E., 2004. Adoption of agroforestry innovations in the tropics: A review. Agrofor. Syst. 61–62, 311–328. doi:10.1023/B:AGFO.0000029007.85754.70

MGAP, 2019. Cartografía Forestal Nacional 2018. Artes Gráficas S.A., Montevideo.

MGAP, 2011. Censo General Agropecuario [WWW Document].

MGAP, UDELAR, INIA, LATU, 2013. Primer Estudio de la Huella Ecológica de Tres Cadenas Agroexportadoras del Uruguay, Universidad de la República Uruguay. Montevideo.

Munka, C., 2017. Microclima en sistemas silvopastoriles. 1er Semin. en Sist. silvopastoriles 63–68.

Oyhançabal, W., Becoña, G., Astigarraga, L., Roel, A., Saizar, C., 2013. Primer estudio de la huella de carbono en tres cadenas agroexportadoras del Uruguay: carne vacuna, láctea y arrocera. Montevideo.

Picasso, V.D., Modernel, P.D., Becoña, G., Salvo, L., Gutiérrez, L., Astigarraga, L., 2014. Sustainability of meat production beyond carbon footprint: A synthesis of case studies from grazing systems in Uruguay. Meat Sci. 98, 346–354. doi:10.1016/j.meatsci.2014.07.005

Sotomayor, A., 2010. I Congreso Internacional Agroforestal Patagónico, in: Hepp Kuschel, C., Sotomayor, A. (Eds.), Silvopastoral Systems, an Alternative for Sustainable Development of the Agriculture in Chile. Coyhaique, p. 307.

Taylor, R.F., McGee, M., Kelly, A.K., Crosson, P., 2020. Bioeconomic and greenhouse gas emissions modelling of the factors influencing technical efficiency of temperate grassland-based suckler calf-to-beef production systems. Agric. Syst. 183, 102860. doi:10.1016/j.agsy.2020.102860

UruguayXXI, 2019. Informe Anual de Comercio Exterior. Montevideo.

Villa Alves, F., Giolo de Almeida, R., Laura, V.A., Porfirio da Silva, V., Motta Macedo, M.C., de Medeiros, S.R., Dominghetti Ferreira, A., da Costa Gomes, R., Romeiro de Araújo, A., Baptaglin Montagner, D., Bungenstab, D.J., Dias Feijó, G.L., 2015. Carne Carbono Neutro: un novo conceito para carne sustentável produzida nos trópicos. Doc. 210 29.

INICIO
CRÉDITOS
COMITÉS
CONTENIDO
SECCIÓN I
SECCIÓN II
SECCIÓN III
SECCIÓN IV

Evaluaciones productivas y tipificación de fincas doble propósito para el diseño e implementación de modelos de ganadería sostenible con sistemas silvopastoriles en diferentes municipios de Nicaragua

Productive evaluations and typification of dual-purpose farms for the design and implementation of sustainable livestock models with silvopastoral systems in different municipalities of Nicaragua

[1]J.J. Lopera-Marín; [1]F. Uribe Trujillo; [1]O. A. Lopera Marín; [1]C. P. Sossa Sánchez; [1]E. Murgueitio Restrepo; [1,2]S. A. Rodríguez Portillo, [2]W. Navas Briones

[1]Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria -CIPAV-. Carrera 25 # 6-62, Cali, Colombia.
[2]TechnoServe. Nicaragua.
*Autor para correspondencia: jjlopera@fun.cipav.org.co

ΨProyecto *Managerial and Environmentally Sustainable Livestock*. Proyecto Centroamérica Resiliente (ResCA de The Nature Conservancy -TNC-). Financiado por el Departamento de Estado de USA y Grupo LALA. Ejecutado por TechnoServe y CIPAV.

Resumen

Uno de los principales sistemas que aporta a la economía de Nicaragua es la ganadería, donde el modelo extensivo y el sistema doble propósito (DP) son predominantes. En general, es una ganadería con pastos nativos y/o introducidos con baja tecnificación y manejo. El objetivo fue realizar evaluaciones productivas y tipificación de fincas DP para el diseño e implementación de modelos de ganadería sostenible con sistemas silvopastoriles en diferentes municipios de Nicaragua. Las producciones forrajeras de biomasa de las diferentes gramíneas mostraron ofertas que en algunos casos se encuentran dentro del rango encontrado en otras evaluaciones o por debajo de estas teniendo en cuenta el escaso manejo agronómico. También se encontró alta composición botánica a nivel de gramíneas, leguminosas y otras plantas acompañantes, donde las gramíneas en general ocupan la mayor cobertura sobre los potreros. En cuanto a la tipificación por prácticas de manejo, los resultados encontrados muestran poca tecnificación y una alta evidencia de prácticas inadecuadas en fincas sobre el manejo de potreros, ordeños, alimentación, almacenamiento de la leche y transporte, y la conservación de los recursos naturales. Lo anterior, llevó a la implementación de 209.6 manzanas y 27330.5 m lineales con modelos de ganadería sostenible basados en diferentes arreglos con sistemas silvopastoriles. Se espera a futuro que, a través de la gestión del conocimiento y la transferencia de tecnología a nivel de productores, técnicos, profesionales, organizaciones y estancias políticas, los resultados

permitan generar un cambio importante sobre la ganadería para que esta sea sostenible, socialmente justa y ambientalmente amigable.

Palabras clave: *cercas vivas, conglomerados, prácticas de manejo, setos forrajeros, sistemas silvopastoriles intensivos.*

Abstract

One of the main systems that contributes to Nicaragua's economy is cattle ranching, where the extensive model and the dual purpose (DP) system are predominant. In general, it is cattle ranching with native and/or introduced pastures with low technification and management. The objective was to carry out productive evaluations and typification of DP farms for the design and implementation of sustainable livestock models with silvopastoral systems in different municipalities of Nicaragua. Forage biomass yields of the different grasses showed offers that in some cases are within the range found in other evaluations or below these, considering the poor agronomic management. A high botanical composition was also found at the level of grasses, legumes, and other companion plants, where grasses in general occupy the greatest coverage on the paddocks. Regarding the typification by management practices, the results found show little technification and high evidence of inadequate practices on farms regarding pasture management, milking, feeding, milk storage and transport, and conservation of natural resources. This led to the implementation of 209.6 apples and 27330.5 linear meters with sustainable livestock models based on different arrangements with silvopastoral systems. It is hoped that in the future, through knowledge management and technology transfer at the level of producers, technicians, professionals, organizations and political farms, the results will generate an important change in livestock farming to make it sustainable, socially just and environmentally friendly.

Keywords: *live fences, clusters, management practices, fodder hedges, intensive silvopastoral systems.*

Introducción

En Nicaragua uno de los pilares de la economía depende la producción generada en el sector agropecuario. La ganadería bovina es uno de los principales soportes económicos pese a la heterogeneidad en sus formas de organización técnica, productiva y los sistemas de producción (Chuncho, 2011). Sin embargo, el modelo predominante se basa en una ganadería tradicional (específicamente ganadería extensiva y Doble Propósito) sustentado en la alimentación con pastos naturales y muy poco manejo (Gutiérrez & Mendieta, 2018). Esto conlleva a bajos rendimientos, donde la

productividad no solo se limita por estos aspectos sino también por los efectos de los periodos secos y la falta de estrategias orientada a la sostenibilidad (Holguín *et al*., 2003). El Doble Propósito se enfoca más a la producción de leche a través de prácticas tradicionales que además de la ineficiencia productiva, también han favorecido una acelerada afectación de los recursos naturales, es especial en la reducción de los bosques maduros (Iglesias *et al*., 2011). Además, no existe una tipificación clara por prácticas de manejo que permitan definir niveles tecnológicos en los que se encuentren los sistemas productivos y de esta manera, tomar decisiones más acertadas que permitan aumentar la eficiencia productiva por unidad de área en el tiempo.

Estos sistemas requieren cambios profundos en sus prácticas de manejo, y debe considerar la incorporación de sistemas de ganadería sostenibles o agroecológicos urgentemente (Monzonte, 2007) con sistemas silvopastoriles como una de las estrategias para la reconversión productiva, ambiental y social. Estos son definidos como sistemas que incluyen diversas formas de uso de la tierra que aplican los principios agroecológicos al diseño y manejo de SSP y SSPi con múltiples finalidades. Estos sistemas ganaderos protegen y usan con inteligencia el agua, el suelo, y la biodiversidad biológica local, en íntima y sinérgica relación con los animales domésticos destinados a la producción de alimentos estratégicos de alta calidad. Además, fomenta el empleo formal, promueve la calidad de vida de la gente del campo, ofrece bienestar a los animales y genera servicios ecosistémicos para todos (Murgueitio *et al*., 2020). El presente trabajo, presenta los resultados de línea de base en un número importante de fincas con sistemas Doble Propósito en diferentes municipios de Nicaragua, donde se desarrollaron evaluaciones de la composición botánica de potreros, producción de biomasa forrajera, caracterización y tipificación de fincas y evaluación de la producción y la calidad composicional de la leche. Finalmente, y de acuerdo con los resultados se propuso algunos modelos de ganadería sostenible con sistemas silvopastoriles para la implementación en fincas demostrativas para la transferencia de tecnología y conocimiento en el corto, mediano y largo plazo.

Materiales y métodos

Ubicación

La evaluación cualitativa de la composición botánica y la producción de biomasa forrajera de potreros se realizó en 36 fincas demostrativas (FD) ubicadas en los municipios Boaco (nueve fincas), Camoapa (siete fincas) y San José de los Remates (cuatro fincas) en el departamento Boaco; Esquipulas (seis fincas), Matiguás (seis fincas), Muy Muy (dos fincas), Río Blanco (dos

fincas) en el departamento de Matagalpa. La caracterización y tipificación de fincas y la evaluación de la producción y la calidad de leche (composicional y microbiológica), se realizó 298 fincas en ocho municipios de la siguiente manera: Boaco (79 fincas), Camoapa (71 fincas) y San José de los Remates (18 fincas) en el departamento de Boaco; Matiguás (60 fincas), Muy Muy (dos fincas), Río Blanco (16 fincas) y San Dionisio (11 fincas) en el departamento de Matagalpa. Todos pertenecen a la región Central con topografía montañosa y presencia de pequeños valles intermontanos, y suelos de fertilidad media donde se desarrolla buena parte de la agricultura y la ganadería del país. Presenta un clima subtropical seco con temperaturas medias entre 10 y 20 ºC en la zona norte de la región, y 21 -29 ºC en la zona sur (FAO, 2015).

Composición botánica de potreros en 36 fincas demostrativas

Se utilizó la metodología botanal (Mannetje & Haydock, 1963; Restrepo-Sáenz *et al*., 2004) para la evaluación de la composición botánica en potreros. El método se aplicó sobre el 10% del área total de cada finca o el 10% del área destinada al sistema de producción lechero, aplicando los siguientes pasos: identificación del potrero, recorrido en zigzag ubicando el marco de muestreo cada 10 pasos, identificación de especies y calificación visual y procesamiento de datos.

Producción de biomasa forrajera en potreros en 36 fincas demostrativas

Se utilizó el método agronómico de aforos de doble muestreo descrito por Lopera *et al*., (2013) el cual es aplicable tanto para sistemas convencionales de pastoreo y sistemas silvopastoriles. La metodología fue aplicada solo a gramíneas teniendo en cuenta los siguientes pasos: identificación y caracterización visual de las especies a aforar en cada potrero, recorrido en zigzag ubicando el marco de muestreo e identificando visuales en el pasto según escala de crecimiento, procesamiento de datos y cálculo de producción de forraje. La información fue expresada en forraje verde.

Muestra estadística y selección de fincas para la caracterización y tipificación y la evaluación de la producción y la calidad de leche en 298 fincas

La muestra estadística se calculó por separado tanto para fincas demostrativas (FD) como fincas de referencia (ResCA). Para las FD, el tamaño de la muestra se determinó utilizando el método de muestreo probabilístico estratificado proporcional o representativo (Torres *et al*., 2006). El cálculo se aplicó considerando una pregunta con respuesta categórica binomial (encuesta de caracterización de fincas) como la principal fuente de información, teniendo una probabilidad de éxito de p=0.5. Lo anterior se

sustenta en la ausencia de información para determinar la varianza en información para variables discretas y continuas. Para la estimación de la muestra se consideró una confianza del 95 % y un error del 8 %. El cálculo permitió establecer una muestra de 28 fincas sobre el total de las FD.

En cuanto las fincas de referencia (RESCA) la muestra se determinó con el método de muestreo probabilístico estratificado proporcional o representativo conociendo el tamaño de la población (Torres *et al*., 2006) siendo esta un total de 700 fincas dentro del área de influencia donde el proyecto hizo las evaluaciones. El cálculo permitió establecer un n de 124 fincas. En total, el cálculo de la muestra estadística permitió definir 152 fincas para realizar las diferentes evaluaciones. Gracias a la capacidad operativa y técnica del proyecto, se decidió aumentar el número de fincas, asignando un total de 298.

Recolección de la información y variables evaluadas dentro de la caracterización y tipificación y la evaluación de la producción y la calidad de leche en 298 fincas

La evaluación se basó en el levantamiento de información para la construcción de la línea de base en 298 fincas de los ocho municipios donde el proyecto hizo presencia, a través de una encuesta. Para la caracterización y tipificación de fincas de acuerdo con las prácticas de manejo se propusieron un total de 151 variables. Estas fueron agrupadas en categorías como: usos del suelo, cobertura en potreros, disponibilidad de agua, manejo del pastoreo, manejo de potreros, inventario bovino, tipo de ordeño, prácticas de ordeño, producción de leche, almacenamiento de la leche, transporte de la leche, distancia hasta el acopio de leche, alimentación en vacas de ordeño. En el mismo trabajo de campo se tomaron muestras de leche (vacas en ordeño) para caracterizar la calidad composicional de la leche e incluirlas en forma adicional en los análisis estadísticos. Del total de variables (sin incluir la calidad química de la leche, 97 fueron cualitativas con respuesta cerrada (Si o No), 22 cualitativas con respuesta abierta, y 32 fueron variables numéricas.

La recolección de la información se hizo a través de una encuesta donde el total de variables se transformaron en preguntas cortas y sencillas para facilitar el ejercicio de campo. La encuesta fue digitalizada en una plataforma electrónica e insertada en tabletas. La información fue recolectada por los técnicos del proyecto a través de visita finca por finca. Una vez colectada la información se consolidó y depuró la base de datos en una hoja de Microsoft Excel. La depuración de la base de datos consistió en determinar e identificar valores errados y celdas sin datos para determinar si estos eran objetos del análisis estadístico. La depuración permitió realizar el análisis con 136

variables y 290 fincas. La tipificación de fincas se basó en las prácticas de manejo como se mencionó anteriormente, con el fin de identificar niveles altos, medios o bajos de éstas. Con el total de variables ya depuradas, se identificaron 89 de importancia para realizar el análisis de tipificación. El resto de las variables se utilizaron para relacionar algunos manejos específicos y mirar su coherencia con los niveles identificados (alto, medio o bajo).

Análisis de la información

Toda información colectada fue de importancia para la construcción de la línea de base en los municipios donde se realizó el trabajo de campo. La composición botánica fue analizada con estadística descriptiva obteniendo valores de medias respecto a los porcentajes de participación en forma general para todos los municipios. La producción de forraje también fue analizada con estadística descriptiva para cada especie por municipio. Para la tipificación de fincas se utilizó un análisis de conglomerado jerárquico y la distancia de Manhattan. Para el proceso de selección del método de agrupamiento, se consideraron cuatro métodos aglomerativos (promedio, vecino más cercano, vecino más lejano y método de Ward), seleccionado el mejor método a través del índice de aglomeración. Asimismo, se utilizó el algoritmo Silhouette para definir el número de conglomerados. Finalmente, los resultados se presentaron empleando un gráfico de dendograma.

Para las variables de naturaleza cuantitativa (producción y calidad de leche: % proteína, % grasa, sólidos totales, lactosa y densidad), se empleó un análisis de varianza a una vía (ANOVA), considerando los grupos de productores como factores fijos. También se utilizó estadística no paramétrica para evaluar las variables % minerales y recuento de células somática utilizando los procedimientos de Kruskal-Wallis. En caso de rechazar la hipótesis nula, se consideró la prueba de *Tukey* ($p<0.05$) para la separación de las medias. Todos los análisis de desarrollaron en el software R-Project (R Core Team, 2021).

Resultados y discusión

Composición botánica de potreros

Los resultados consolidados para las 36 fincas demostrativas permitieron identificar un total de 58 especies vegetales, de las cuales, 14 especies de estas representan el 87.81% (Figura 1). Siete corresponde a los pastos que más utilizan los productores en sus sistemas ganaderos: brizantha (*Urochloa brizantha*) con el 13.57%, grama (*Axonopus affinis*) con 13.56%, retana (*Ischaemun indicum*) con 10.84%, mombaza (*Megathyrsus maximus* cv. Mombasa) con 10.38%, brizantha Mulato (híbrido de *Urochloa ruziziensis*

clon 44-6 x *U. brizantha* CIAT 6297) con 7.07%, angleton (*Dichantium sp.*) con 4.39%, brizantha Marandú (*U. brizantha* cv. Marandú) con 3.99%, y pará Caribe (*Brachiaria mutica*) con 2.37%.

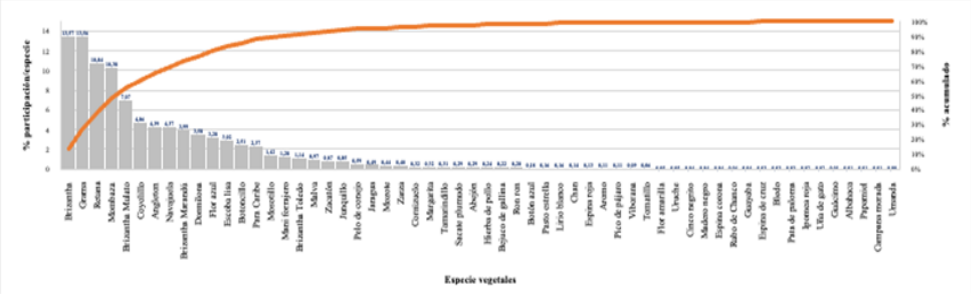


Figura 1. Distribución porcentual de especies vegetales presentes en la composición botánica de potreros en 36 fincas demostrativas de siete municipios de la República de Nicaragua.

Estudios de cobertura y composición botánica en algunas regiones y municipios en Nicaragua, indican que las especies más importantes presentes en potreros en sistemas de Doble Propósito y que son usadas para la producción son: pasto brizantha (*U. brizantha*), pasto Mulato (híbrido de *U. ruziziensis* clon 44-6 x *U. brizantha* CIAT 6297, pasto Toledo (*U. brizantha* cv. Toledo), retana (*Ischaemun indicum*), mombaza (*M. maximus* cv. Mombaza), pasto Marandú (*U. brizantha* cv. Marandú), jaragua (*Hiparhenia rufa*) y pasto estrella (*Cynodon sp.*) (Velásquez Vélez & Mora Delgado, 2008; Álvarez Amador & Cruz Pastora, 2017). Los mismos autores reportan que las especies poco deseables en potreros son escoba lisa (*Sida acuta*), malva (*Malachra alceifolia*) y varias especies del género *Cyperus*. Estos reporten concuerda en su gran mayoría con los resultados obtenidos en la presente evaluación de línea de base.

Producción de biomasa forrajera en potreros

Se identificaron cuatro tipos de pastos brachiarias durante el monitoreo de la producción de biomasa en las fincas demostrativas. La gramínea brizantha (*U. brizantha*) fue muestreada en un total de cuatro fincas: una en el municipio de Boaco, una en Camoapa, una en San José de los Remates y una en Muy Muy. La producción de forraje verde estuvo entre 1576 y 2483 g/m^2 (15760 y 24830 kg/ha). Algunos estudios de la costa Caribe sur de Nicaragua reportaron para esta especie una producción de forraje verde de 17325 kg/ha (López García *et al.*, 2017). Los datos encontrados en el monitoreo en su gran mayoría se encuentran muy por encima de lo reportado. Para el caso del pasto Marandú (*U. brizantha* cv. Marandú) fue monitoreado en cuatro fincas del municipio de Boaco, cuatro fincas en Camoapa, una en Matiguás y una en San José de los Remates. Los promedios de producción de forraje verde encontrados estuvieron entre 1131 y 2035 g/m^2 (11310 y 20350 kg/ha).

Estudios realizados en el departamento de Chontales (Nicaragua) reportaron producciones de 10000 kg/ha (Miranda Zeledón, 2009) estando estos por debajo de lo encontrado en la presente evaluación.

El Mulato (híbrido de *U. ruziziensis* clon 44-6 x *U. brizantha* CIAT 6297) fue evaluado en dos fincas (municipio de Camoapa y Matiguás). Las producciones medias de forraje verde fueron entre 1968 y 2356 g/m^2 (19680 y 23560 kg/ha). Ruíz Fonseca *et al*., (2011) reportó producciones para esta especie en zonas del departamento de Managua entre 5000 y 12000 kg de materia seca (MS) por ha. Aunque los valores están dados en MS (entre 10 y 12% de MS en el forraje), los datos obtenidos en la presente investigación están dentro del rango reportado. El pasto Toledo (*U. brizantha* cv. Toledo) fue monitoreado en una finca demostrativa del municipio de Esquipulas. La producción de forraje verde encontrada fue de 3176 g/m^2 (31760 kg/ha). Miranda Zeledón (2009) reportó producciones de 8250 kg/ha, siendo estos muy bajos respecto a los datos encontrados. El pasto mombaza (*M. maximus* cv. Mombaza) fue evaluado en cuatro fincas del municipio de Boaco, cinco en Esquipulas, una en Matiguás y dos en Río Blanco. Las producciones de forraje verde encontradas fueron entre 907.5 y 2712 g/m^2 (9075 y 27120 kg/ha). Evaluaciones para esta especie en regiones cercanas a la evaluada encontraron producciones de 13598 kg/ha (Miranda Zeledón, 2009). Se resalta la producción de 27120 kg/ha, la cual es muy elevada y pudo estar influenciada por un periodo muy largo de descanso de la pradera.

El pasto retana (*I. indicum*) fue evaluado en una finca demostrativa del municipio de Camoapa y cuatro en Matiguás. La producción de forraje verde encontrada estuvo entre 2274 y 3232 kg/ha (22748 y 32320 kg/ha). El pasto angleton (*Dichantium sp.*) se monitoreó en una finca demostrativa del municipio de Muy Muy, y una finca de San José de los Remates. Las producciones de biomasa verde encontradas estuvieron entre 348 y 1851 g/m^2 (3480 y 18510 kg/ha). Evaluaciones en diferentes municipios de Nicaragua reportan producciones medias de 1930.88 kg de MS/ha (Sirias Salgado & Caballero León, 1997). Este valor (aún en MS) está un poco por encima de los encontrados en esta evaluación. El pasto pará Caribe (*Brachiaria mutica*) fue evaluado en una finca demostrativa en el municipio San José de los Remates. La producción de forraje verde encontrada fue 2119 g/m^2 (21190 kg/ha).

Caracterización y tipificación de fincas con sistemas de Doble Propósito

El análisis de conglomerados con las variables de tipificación identificó tres grupos de fincas (Figura 2) (Grupo 1 -G1-: color rojo; Grupo 2 -G2-: color verde; Grupo 3 -G3.: color azul). De las 290 fincas analizadas, el 33.79% corresponde al G1, 52.76% al G2 y 13.45% al G3. Existe diferencias entre el

G3 y los otros dos grupos. Aunque el análisis de conglomerados logró identificar los tres grupos o tipos de finca, es importante resaltar que el G1 y G2 pueden presentar ciertas similitudes ya que su jerarquía en el dendograma se deriva de la misma rama. Las principales características de manejo que los diferencian entre si permitieron establecer tres niveles tecnológicos (alto, medio y bajo). En general, existe una relación directa entre el tamaño de las fincas y sus prácticas: a) fincas con mayor tamaño tienen mejores prácticas de manejo; b) fincas con tamaño medio tienen moderadas prácticas de manejo; y c) fincas pequeñas tienen menores prácticas de manejo. Lo anterior puede estar relacionado por su capacidad de inversión y el flujo de caja que estas puedan representar en forme mensual, semestral o anual.

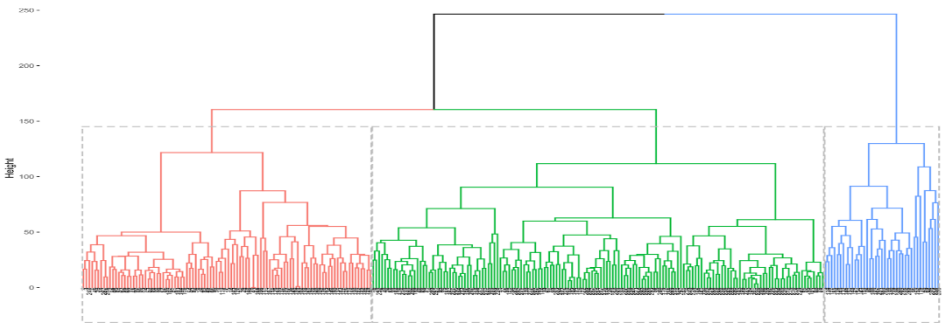


Figura 2. Dendrograma de conglomerados para la tipificación de fincas. Grupo 1 (G1): color rojo; Grupo 2 (G2): color verde; Grupo 3 (G3): color azul.

Evaluación de la calidad composicional y microbiológica de la leche

Al cruzar los resultados de producción y la calidad de la leche (composicional y microbiológica) en vacas de ordeño (Tabla 1 y 2), con los resultados de tipificación de fincas y otras variables (relacionadas con prácticas de manejo), no se encontró ninguna relación directa entre conglomerados. Se encontraron diferencias significativas ($p<0.05$) en la producción (L/vaca/día), sólidos totales, lactosa, densidad, minerales y el recuento de células somáticas (RCS). Lo anterior, puede estar dado probablemente (además del manejo) por la segregación de genes en el Doble Propósito (por lo cual no es considerado como una raza sino como un sistema de producción) y la calidad nutricional de los forrajes y suplementos alimenticios (ambos aspectos no fueron objeto de caracterización en esta evaluación).

Tabla 1. Resultados de la producción y calidad composicional de la leche de vacas en ordeño de acuerdo con los grupos de fincas tipificados.

Grupo	L/vaca/día	% proteína	% grasa	% ST	% lactosa	Densidad
G1	4.09±0.21b	3.43±0.03	4.45±0.11	9.58±0.04a	5.23±0.026a	31.24±0.15a
G2	5.09±0.19a	3.39±0.03	4.42±0.10	9.45±0.03b	5.03±0.04b	29.68±0.24b
G3	4.89±0.31a	3.37±0.03	4.05±0.17	9.4±0.06b	5.09±0.02b	30.26±0.12b
p-value	0.0097	0.0803	0.0884	0.0202	<0.0001	<0.0001

ST: sólidos totales.
ANOVA. Letras diferentes en la misma columna presentan diferencia significativa (*p<0.05*).

Tabla 2. Resultados el % de minerales y el RCS en la leche de vacas en ordeño de acuerdo con los grupos de fincas tipificados.

Grupo	% minerales	RCS
G1	0.79ª	409109.4b
G2	0.70c	592884.8a
G3	0.73b	587623.9ab
p-value	<0.0001	0.0005037

RCS: recuento de células somáticas (cel/ml).
Estadística no paramétrica (Kruskal-Wallis). Letras diferentes en la misma columna presentan diferencia significativa (*p<0.05*).

La media de producción de leche de todas las fincas evaluadas fue 4.69±0.23 L/vaca/día. Este valor se encuentra por debajo del reportado en evaluaciones realizadas en fincas del municipio de Matiguás (5.82 L/vaca/día) (Celebertti López & Castro Morales, 2018). En esta evaluación encontraron que estas producciones se identificaron en fincas con un número de vacas entre uno y 10. A medida que crece el tamaño del área de las fincas y el número de vacas, este promedio de producción tiende a bajar. Los autores argumentan que este fenómeno puede estar dado posiblemente por el tipo de pastoreo el cual es más extensivo. Un sistema de Doble Propósito puede tener producciones medias entre 3.8 y 7 L/vaca/día. En países como Costa Rica y Colombia, los promedios se encuentran en 5.5 y 4.3 L, respectivamente (WingChing-Jones, 2008; Espitia Pinzón, 2016). Los valores encontrados para sólidos totales fueron bajos, categorizando la leche con este indicador como de mala calidad (<11.3%) (Calderón *et al.*, 2006). De acuerdo con la información para la tipificación de fincas, esto puede estar dado especialmente por la conjugación de dos factores: baja oferta de forrajes (baja oferta de nutrientes) pero en especial por el alto RCS.

Los valores de lactosa encontrados están por encima de los valores reportados por Rodríguez Zamora & Morales Avendaño (2010) en Nicaragua (4.7%). De acuerdo con Calderón *et al.*, (2006), la lactosa encontrada se encuentra en una categoría de buena (entre 4.9 y 5.3%). Una estrategia para

contribuir al incremento de lactosa en la leche es usar fuentes energéticas de rápida acción a nivel ruminal como la caña, el maíz, harinas de arroz, entre otros. Para el caso del RCS, se encontraron valores muy altos (>400000) haciendo que la leche pueda ser de mala calidad (Calderón *et al*., 2006). En general las fincas evaluadas pueden estar presentando mastitis subclínicas (sin diagnóstico o detección) y una de las principales causas es debido al uso del paste de sacos de fibra principalmente, para la limpieza de las ubres y utensilios de ordeño (práctica identificada en la caracterización y tipificación de fincas).

Implementación de modelos de ganadería con sistemas silvopastoriles

Teniendo en cuenta las condiciones y necesidades de los productores, además de los resultados obtenidos en las evaluaciones, el proyecto estableció como pilotaje 28 bancos de proteína, un banco de forraje energético, 17 sistemas silvopastoriles con manejo de árboles en potrero, 16 setos forrajeros, divisiones de potreros con cerca eléctrica con postes vivos en 14 fincas y 10 de cercas vivas. En una finca se estableció el pastoreo de plantación forestal, en otra se implementó un sistema silvopastoril intensivo con leucaena y también en una finca el sistema de árboles en franjas. En total, se logró impactar un área de 209.6 manzanas 27330.5 m lineales entre los diferentes arreglos.

Conclusiones

La composición botánica de la línea de base en 36 fincas demostrativas del proyecto dejó en evidencia una amplia presencia de especies vegetales, donde se destaca la diversidad en el uso de diferentes gramíneas en los sistemas de producción de Doble Propósito. Sin embargo, se debe aclarar que, aunque el listado es amplio, en cada finca la diversidad botánica puede ser baja. Es decir, los potreros en general en cada finca presentan monocultivo de pastos o permiten la presencia de dos o tres especies de gramíneas como máximo, pero con muy poco manejo agronómico y con sistemas de pastoreo extensivo. Esto proceso degradativo de praderas contribuye a la aparición de otras especies poco deseables en los potreros, contribuyendo al uso de herbicidas como práctica para el control de estas, lo que explica la baja o cero presencias de leguminosas rastreras en general. La producción de biomasa de las especies evaluadas en general presentó valores similares a los que han sido reportados para las mismas en diferentes regiones del país. Sin embargo, por el tipo de pastoreo y manejo es probable que no se garantice el balance nutricional adecuado para que los animales en producción de leche logren expresar un mayor potencial productivo.
La tipificación de fincas indiferente de los grupos o niveles tecnológicos por prácticas ganaderas, evidencian que se debe trabajar fuertemente temas

relacionados la rotación de potreros, rutinas de ordeño, suplementación estratégica, plan sanitario, manejo de información productiva y económica, y la incorporación de estrategias de sistemas de ganadería sostenible basados en sistemas silvopastoriles. Todos estos deben ser construidos de acuerdo con la oferta de materiales existente en el país y las características de los conglomerados ganaderos.

El levantamiento de línea base y la tipificación de fincas por prácticas de manejo dejan retos importantes para la consolidación de cajas de herramientas que permitan modernizar la ganadería con prácticas sostenibles y principios agroecológicos. Entre estos, la generación de políticas que puedan favorecer modelos de ganadería sostenible, la gestión y apropiación del conocimiento en todos los niveles (productores, técnicos, profesionales, organizaciones, grupos políticos, entre otros), el cambio cultural, el enfoque de género y el relevo generacional. Lo anterior debe estar articulado a escenarios que permitan la liberación de áreas para la conservación, los recursos naturales y la rentabilidad del negocio ganadero, teniendo en cuenta la adaptación y/o mitigación a los procesos negativos generados por el cambio climático.

Bibliografía

Álvarez Amador, C., Cruz Pastora, W.A., 2017. Manejo de pastizales en sistemas de producción ganaderos de Nueva Guinea, costa Caribe sur de Nicaragua. Revista Ciencia e Interculturalidad 10(1). http://dx.doi.org/10.5377/rci.v20i1.4858

Calderón, A., García, F., Martínez, G., 2006. Indicadores de calidad de leches crudas en diferentes regiones de Colombia. Rev. MVZ Córdoba 11(1), 725-737.

Celebertti López, D.A., Castro Morales, Y.A., 2018. Caracterización de sistemas de producción bovina doble propósito y evaluación de la producción de leche con enfoque de género en Matiguás, Matagalpa, Nicaragua 2014. (Trabajo de graduación para optar al título de Ingeniero en zootecnia). Facultad de Ciencia Animal, Universidad Nacional Agraria: Managua, Nicaragua. 57 p. https://repositorio.una.edu.ni/3799/1/tnl01c392.pdf

Chuncho, C.G., 2011. Análisis de la percepción y medidas de adaptación al cambio climático que implementan en la época seca los productores de leche en Río Blanco y Paiwas. (Doctoral dissertation). Nicaragua.

Espitia Pinzón, L.M., 2016. Evaluación de la calidad composicional de la leche influenciada por el período de transición en vacas Doble Propósito en trópico bajo colombiano. (Trabajo de graduación para optar al título de Médico Veterinario). Facultad de Ciencias Agropecuaria, Universidad de la Salle: Bogotá, Colombia. 47 p.

FAO., 2015. AQUASTAT Perfil de País - Nicaragua. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma, Italia. 17 p. http://www.fao.org/3/ca0421es/CA0421ES.pdf

Gutiérrez, C., Mendieta, B., 2018. Caracterización de sistemas ganaderos en seis municipios de Rivas y Carazo, Nicaragua. La Calera m 18(30), 14-25. https://doi.org/10.5377/calera.v18i30.7734

Holguín, V., Ibrahim, M., Mora, J., Rojas, A., 2003. Caracterización de sistemas de manejo nutricional en ganaderías de doble propósito de la región Pacífico Central de Costa Rica. Agroforestería en las Américas 10 (39), 40-46.

Iglesias, J. M., Funes-Monzote, F., Toral, O. C., Simón, L., Milera, M., 2011. Diseños agrosilvopastoriles en el contexto de desarrollo de una ganadería sustentable. Apuntes para el conocimiento. Pastos y forrajes 34(3), 241-257.

Lopera, J.J., Castaño, D.M., Chará, J., Murgueitio, E., Uribe, F., Muñoz, J., Valencia, L.M., Rivera, J.E., Barahona, R., Botero, R., 2013. El aforo de forrajes: práctica que facilita el manejo apropiado de las praderas. Revista Carta FEDEGAN 134, 62-66.

López García, F.A., Miranda, J.A., Calero Borge, W.A., 2017. Producción y calidad de forraje con enmiendas orgánicas en pastura (*Brachiaria brizantha*), en la costa Caribe sur de Nicaragua. Revista Universitaria del Caribe 18(1), 83 – 90. http://dx.doi.org/10.5377/ruc.v18i1.4810

Mannetje, L., Haydock, K.P., 1963. The dry-weight-rank method for the botanical analysis of pasture. Journal of the British Grassland Society 18, 268-275.

Miranda Zeledón, H.A., 2009. Adaptación y productividad de seis gramíneas forrajeras en Puerto Díaz, Chontales, Nicaragua, 2007. (Trabajo de graduación para optar al título de Ingeniero Agrónomo). Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria: Managua, Nicaragua. 43 p.

Monzote, F.F., 2007. De la especialización ganadera a la ganadería agroecológica: Experiencias cubanas en investigación y producción. Revista Brasileira de Agroecología 2(2).

Murgueitio, E., Gómez, M.A., Uribe, F., Lopera, J.J., 2020. Análisis sobre la producción de leche sostenible. Producción sostenible de leche bovina con sistemas silvopastoriles intensivos en Colombia. Revista Infortambo Andina 137, 20-22.

Restrepo-Sáenz, C., Ibrahim, M., Harvey, C., Harmand, J.M., Morales, J., 2004. Relaciones entre la cobertura arbórea en potreros y la producción bovina en fincas ganaderas en el trópico seco en Cañas, Costa Rica. Agroforestería en las Américas 41-42, 29-36.

Rodríguez Zamora, J.L., Morales Avendaño, F.J., 2010. Evaluación técnica y económica de una dieta casera isocalórica e isoproteica en un lote de ganado lechero, en la finca San José el Fortín en la ciudad de León en el periodo productivo de 2008. (Trabajo de graduación para optar al título de Ingeniero en Agroecología Tropical). Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua: León, Nicaragua. 85 p.

Ruíz Fonseca, C., Aguilar Fonseca, R., Hernández Jarquín, E., 2011. Productividad de dos cultivares de pasto *Brachiaria brizantha* (la Libertad y Mulato), Hacienda Las Mercedes, UNA, Managua, Nicaragua. La Calera 8(11), 05-10. https://revistasnicaragua.net.ni/index.php/CALERA/article/view/141

R Core Team., 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. https://www.R-project.org/

Sirias Salgado, R.J., Caballero León, O.D., 1997. Comportamiento de la producción de materia seca de tres especies forrajeras, Gamba (*Andropogon gayanus*), jaragua (*Hyparhenia rufa*), ángleton (*Dichantium aristatum*) en diferentes municipios de la región II de Nicaragua. (Trabajo de graduación para optar al título de Ingeniero Agrónomo). Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria: Managua, Nicaragua. 46 p. https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf01s619.pdf

Torres, M., Paz, K., Salazar, F., 2006. Tamaño de una muestra para una investigación de mercado. Boletín electrónico 2, 1-13. Facultad de Ingeniería, Universidad Rafael Landívar. Guatemala.
http://www.fgsalazar.net/LANDIVAR/ING-PRIMERO/boletin02/URL_02_BAS02.pdf

Velásquez Vélez, R., Mora Delgado, J., 2008. Cobertura arbórea y herbácea en pasturas naturalizadas de fincas ganaderas del trópico seco de Nicaragua. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias 21, 571 – 581.

WingChing-Jones, R., 2008. Condiciones ambientales y producción de leche de un hato. Agronomía Costarricense 32(1), 87-94.

Propuesta de indicadores de calidad del suelo para el monitoreo de los Sistemas Silvopastoriles Intensivos (SSPi)

Soil quality indicators for the monitoring of the Intensive Silvopastoral Systems (iSPS)

N.V. Giraldo; E. Velásquez Ibáñez.

Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV). Carrera 25 No.6-62. Cali, Colombia. vickygiraldo@fun.cipav.org.co

Resumen

La generación de información sobre indicadores de calidad del suelo permite la evaluación, seguimiento, planificación y toma de medidas correctivas tempranas en sistemas productivos. Este estudio comparó Sistemas Silvopastoriles Intensivos (SSPi) con *Tithonia diversifolia*, *Leucaena leucocephala* y pasturas tradicionales (Pt), en fincas ganaderas del eje cafetero. Se establecieron 12 parcelas de 3000m^2 para evaluar variables físicas (densidad aparente, densidad real, porosidad total, humedad volumétrica, resistencia tangencial al corte, resistencia a la penetración y conductividad hidráulica); variables químicas (pH, bases intercambiables -Ca, Mg, K-, materia orgánica –Mo- y P extraíble) y macrofauna edáfica como variable biológica. Se realizó Análisis de Componentes Principales (ACP) y Co-inercias para construir un Indicador General de Calidad del Suelo (IGCS) para los SSPI. Los SSPI presentaron las mejores condiciones de calidad en comparación con las Pt y estuvo determinada por los bajos niveles de compactación, características estructurales óptimas, porosidad, contenido de humedad, materia orgánica, fósforo disponible y, riqueza y abundancia de grupos taxonómicos. Los IGCS para SSPI con *Tithonia diversifolia* varió entre 0.6 a 1.0 y *Leucaena leucocephala* entre 0.4 a 0.8, mejores que los de Pt de *Brachiaria* medidos entre 0.1 y 0.4.

Palabras clave: Ganadería sostenible, índices de calidad, *Leucaena leucocephala, Tithonia diversifolia.*

Abstract

The production of information about soil quality indicators makes it possible the evaluation, monitoring, planning and taking of early corrective measures in agricultural production systems. This investigation compared silvopastoral intensive systems (iSPS) with *Tithonia diversifolia*, *Leucaena leucocephala* and traditional pastures (Pt) at livestock farms of the coffee region. To evaluate physical parameters (apparent density, real density, total porosity,

volumetric humidity, tangential shear strength, resistance to penetration and hydraulic conductivity); chemical parameters (pH, interchangeable bases –Ca, Mg, K, organic matter –Mo-, and removable P) and edaphic macrofauna as biological parameter, twelve plots each of 3.000 m2 were established. To build a General Indicator of Soil Quality (IGCS), an Analysis of Principal Components (ACP) and Co-inertias analysis were carried out, for the SSPI. SSPI exhibited better quality conditions compared to PT, as a consequence of low levels of compaction, optimal structural characteristics, porosity, moisture content, organic matter, available phosphorus, and richness and abundance of taxonomic groups. IGCS for SSPI with *Tithonia diversifolia*, varied between 0.6 and 1.0; *Leucanea leocucephala* varied between 0.4 and 0.8, which are better than Pt with *Brachiaria* measured between 0.1 y 0.4.

Keywords: Sustainable livestock, quality indices, *Leucaena leucocephala, Tithonia diversifolia.*

Introducción

La ganadería en Colombia es el reglón productivo que abarca mayor área geográfica (FEDEGAN, 2019). Ello ha significado profundos cambios en los usos del suelo, disminución de las áreas boscosas y aquellas destinados a la producción agrícola (café, frutales, forestales entre otros) y el evidente aumento de las áreas destinados al monocultivo de pastos. Estas transformaciones han traído consigo el agotamiento del suelo y la degradación del mismo por la presión ejercida de esta actividad económica (Vergara, 2015).

En este sentido, conocer el grado de degradación ejercido por la producción del ganado en zonas como la Ecorregión cafetera, implica efectuar análisis del efecto de los sistemas ganaderos sobre la capacidad que posee el suelo para realizar sus funciones. Navarrete *et al* (2011), sugieren que "la calidad del suelo es dinámica y puede cambiar en corto plazo, de acuerdo con el uso y prácticas de manejo, y para conservarla es necesario implementar prácticas sustentables en el tiempo". En este caso, los sistemas silvopastoriles en general han significado una alternativa de producción ganadera que crea grandes expectativas frente a la conservación y al aporte de servicios ecosistémicos (FEDEGAN, 2006; Zuluaga *et al*. 2011, FEDEGAN, 2018).

Actualmente, el país cuenta con 4.500 hectáreas (Ha) plantadas en sistemas silvopastoriles intensivos (SSPI), de las más de 84.000 Ha en diferentes diseños de sistemas de producción ganadera amigables con el medio ambiente existentes (FEDEGAN, 2018). El eje cafetero es una de estas regiones en donde se ha avanzado en la última década en el establecimiento

de nuevas áreas con dichos sistemas basados en la asociación de diversas gramíneas mejoradas con *Tithonia diversifolia* y *Leucaena leucocephala*.

Se entiende como calidad del suelo a la capacidad que posee un suelo de cumplir las funciones dependiendo de su resistencia, resiliencia y de las características físicas, químicas y biológicas que lo componen (Sojka y Upchurch, 1999). Los indicadores por lo tanto, se refieren a variables que resumen información clave haciendo que un fenómeno o condición sea perceptible y que cuantifica, mide y comunica de manera comprensible la información (Cantú *et al.,* 2007).

A la fecha no existen indicadores que permitan evaluar los sistemas silvopastoriles, de modo tal que permitan evidenciar la conservación del suelo y que posibiliten su mantenimiento basados en observaciones del suelo. La mayoría de indicadores relacionados con la calidad del suelo existentes, son más amplios y abordan de manera general los servicios ecosistémicos en diferentes usos del suelo (Lavelle *et al*., 2014; Vergara y Lavelle, 2019). Adicionalmente, la información sobre indicadores de calidad del suelo en sistemas productivos ganaderos, sin tener en cuenta el tipo de arreglo (convencional, silvopastoril) es insuficiente y se encuentra dispersa.
El objetivo de esta investigación fue establecer una propuesta de indicadores de calidad del suelo que puedan ser usados en la evaluación, seguimiento y planificación de los sistemas silvopastoriles en particular.

Materiales y Métodos

Sitio de estudio

El estudio se llevó a cabo en seis fincas ganaderas enmarcadas en la zona conocida como Ecorregión Cafetera, la cual se ubica en el centro occidente colombiano y constituye una porción de la región Andina (Rodríguez *et al*., 2009). Los predios seleccionados para el estudio se encuentran ubicados en los municipios de Pereira (Risaralda), Montenegro, Tebaida (Quindío), Alcalá y Cartago (Valle del Cauca).

Las fincas fueron escogidas bajo el criterio inicial de presencia de sistemas ganaderos bajo dos coberturas de suelos: Silvopastoriles intensivos (SSPI) y pasturas tradicionales (PT). En cada sistema evaluado (SSPI y PT) se demarcó una parcela de 50 x 60m, para un total de 12 parcelas de evaluación en las seis fincas.

Las características de selección de los sistemas se basaron en la composición de la vegetación, el grado de cobertura del suelo, inclinación o pendiente del

terreno (entre 15 y 20%), antigüedad o tiempo de establecido el sistema y manejo de los mismo.

Las pasturas tradicionales correspondieron a aquellas en donde predominaron las especies estrella africana *Cynodon plectostachyus,* pasto grama *Cynodon dactylon* y/o *Brachiaria decumbens* con presencia de las herbáceas no deseables de hoja ancha. Por otro lado, los sistemas silvopastoriles intensivos se seleccionaron con base a la presencia de más de un estrato de vegetación, el estado de las plantas con características vigorosas, buena cobertura del suelo (>60%) y ausencia o presencia baja de plantas de hoja ancha no deseables.

El trabajo se concentró en los sistemas que incluyen la composición de pasturas mejoradas y *Leucaena leucocephala* y/o pasturas mejoradas y *Tithonia diversifolia* por ser de los sistemas silvopastoriles intensivos más promovidos a nivel nacional.

Construcción del indicador de calidad del suelo

La construcción del indicador de la calidad del suelo para sistemas silvopastoriles intensivos (SSPI), se basó en la metodología propuesta por Velásquez (2004). La misma consiste en construir un grupo de subindicadores que se combinan entre sí para conformar un indicador general (Velásquez, Lavelle y Andrade, 2007).

Los subindicadores se refieren al conjunto de propiedades del suelo elegidas para la descripción de una cantidad de características asociadas a la calidad del suelo. En este caso los subindicadores que se conformaron, partieron de las características físicas asociadas a la compactación, actividad biológica mediante la diversidad y abundancia de la macrofauna edáfica y características químicas.

Las propiedades del suelo evaluadas como subindicador de las propiedades físicas fueron la textura, contenido de humedad (%), resistencia a la penetración (RP), resistencia al corte (RTC), densidad aparente (Da), densidad real (Dr), conductividad hidráulica (Ks), porosidad total y estabilidad de agregados mediante el Diámetro Ponderado Medio (DPM) e Índice de estructura (IE) (%), escorrentía superficial. Para el subindicador químico se evaluó el pH, materia orgánica (Mo), bases intercambiables (Ca, Mg y K), capacidad de intercambio catiónico (CIC) y P extraíble y por último, la macrofauna edáfica se evaluó como subindicador biológico.

Muestreos

En cada una de las parcelas se trazaron dos transectos a lo largo del área, en los cuales se obtuvieron seis monolitos a dos profundidades (0-10 y 10-20 cm), respetando una distancia entre 10 y 15 m desde el borde de la parcela hacia el interior para evitar el efecto de borde.

Los monolitos se extrajeron siguiendo el método certificado NF ISO 23611 por Tropical Soil Biology and Fertility (25 x 25 x 10cm) 2011. De los monolitos se colectaron de forma manual todos los organismos presentes. Las lombrices se almacenaron en una solución de formol al 4%, mientras que las hormigas, termitas, escarabajos y otros macroatrópodos se preservaron en alcohol al 80% para su posterior conteo e identificación, la identificación en algunos casos se realizó hasta familia como sugiere Moreira *et al*., 2012.

En los mismos transectos y en los puntos de muestreo de la macrofauna edáfica, se tomaron muestras de suelo de acuerdo con las metodologías particulares para cada variable física y química.

Se tomaron dos muestras compuestas para textura y se evaluó por el método de Bouyucos, el contenido de humedad se determinó con base al volumen, se tomaron seis muestras para tal fin, la estabilidad de agregados se realizó con el método de Yoder, con dos muestras compuestas por parcela, la conductividad hidráulica se determinó a través del método de permeámetro de cabeza constante y se evaluó con tres muestras, y la densidad aparente se halló a través del método del cilindro biselado con de seis muestras por parcela. Los análisis fueron realizados en el laboratorio de física de suelos de la Corporación Colombiana de investigación agropecuaria-Agrosavia y en el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. La resistencia a la penetración se obtuvo en campo con el penetrómetro manual Eijkelkamp, la resistencia al corte con Veleta de corte manual (Handheld) y la escorrentía se estimó con un mini-simulador de lluvia, basado en el modelo y metodología planteada por Amézquita y Campo (1999).

Para los parámetros químicos se extrajo muestras de cada uno de los seis monolitos, para obtener tres muestras compuestas por parcela, las cuales se enviaron al laboratorio de química de suelos de Agrosavia-Tibaitatá, para realizar todos los análisis correspondientes.

Análisis de datos

La caracterización del manejo de los sistemas fue determinante para los análisis de datos y se basó en la rotación de potreros, antigüedad de

establecido, tipo de cobertura del suelo, ya fuera sistema silvopastoril intensivo (SSPI) o pastura tradicional (Pt), vegetación haciendo referencia básicamente al tipo de arbusto acompañante en los sistemas silvopastoriles (Leucaena (*Leucaena leucocephala)* o Botón de oro *(Tithonia diversifolia)*) y periodos de fertilización en meses. La tabla 1, muestra las características de cada sistema por finca.

Se conformaron cinco grupos de variables de acuerdo a la función en el suelo: químicas, biológicas (macrofauna edáfica) y en el caso de los parámetros físicos se dividió de acuerdo a las características estructurales, volumétricas y mecánicas. Las características volumétricas se refieren a todas las variables relacionadas con la hidrología del suelo (conductividad hidráulica, porosidad, humedad volumétrica y escorrentía), las mecánicas tomaron en cuenta las variables relacionadas con el óptimo desarrollo de las raíces (densidad aparente, densidad real, resistencia al corte y resistencia a la penetración) y las estructurales agrupan las variables de agregación, estructura y textura del suelo.

Los análisis estadísticos se basaron en un análisis de componentes principales (ACP), test de Montecarlo y Coinercia para evaluar y detallar la covarianza entre los cinco grupos de variables e indicar en qué medida este efecto fue significativo. EL test de Montecarlo sirvió para separar las variables evaluadas en coordenadas de ACP. Estos análisis multivariados se realizaron con el software R y el paquete ade4.

Cálculo de indicadores

El cálculo del indicador general de calidad del suelo (IGCS) para los sistemas silvopastoriles intensivos, se realizó siguiendo los cuatro pasos de la metodología propuesta por Velasquez *et al* (2007) 1. Análisis de componentes principales (ACP) para cada uno de los cinco grupos de variables, 2. Identificación y selección de las variables que tienen mayor peso y representan los sitios de acuerdo con su calidad, 3. Creación de subindicadores de calidad física, química y macrofauna con rangos de valores de 0.10 a 1.00 y 4. Combinación de los subindicadores en un indicador general de la calidad del suelo.

Resultados

La tabla 1, resume los resultados encontrados en los análisis de componentes principales con respecto a la evaluación de la calidad del suelo, teniendo en cuenta los factores de manejo, composición vegetal de los sistemas ganaderos, altitud (msnm) y sistema de rotación.

Tabla 1. Análisis multivariado para la evaluación de la calidad del suelo en sistemas silvopastoriles y pasturas tradicionales en fincas ganaderas del Eje Cafetero.

Variables	ACP*		Vegetación		Altitud		Antigüedad		Rotación	
	Factor %		p-value**	Varianza Explicada (%)	p-value	Varianza Explicada (%)	p-value	Varianza Explicada (%)	p-value	Varianza Explicada (%)
	1	2								
Macrofauna	14.6	9.7	0.001	12.0	0.001	11.3	0.001	16.5	0.001	2.3
Química	53.8	16.2	0.001	50.7	0.001	57.4	0.001	63.8	0.003	7.4
Físicas volumétricas	53.1	24.1	0.001	37.6	0.001	58.6	0.001	63.1	0.235	3.8
Físicas mecánicas	64.9	20.3	0.001	58.0	0.001	66.4	0.001	73.2	0.463	2.2
Físicas estructurales	32.2	27.5	0.001	36.4	0.001	40.7	0.001	52.7	0.006	9.3

**p-value: Test de Montecarlo

Análisis de Coinercia entre las variables físicas, químicas y biológicas

La separación significativa entre los grupos de variables en los ACP, permitió realizar el análisis de coinercia, para conocer cuáles variables son las que mejor pueden representar la calidad del suelo y por tanto son elegibles en futuros trabajos. En este análisis se evaluó la relación entre las variables físicas: estructurales, volumétricas y mecánicas, las variables físicas-químicas, y químicas-macrofauna edáfica. En todos los casos, los dos primeros factores explicaron más del 50% de la varianza total. A continuación, se presenta la tabla resumen de los resultados de los análisis de coinercia.

Tabla 2. Coinercia entre los diferentes grupos de variables físicas, químicas y biológicas medidas en sistemas silvopastoriles y pasturas tradicionales en fincas ganaderas del Eje Cafetero.

Coinercia	Axes (%)		p-value	Varianza
	1	2		Explicada (%)
Mecánicas-Estructurales	86.0	8.1	0.001	43.4
Mecánicas-Volumétricas	93.2	5.8	0.001	57.8
Estructurales-Volumétricas	79.9	7.2	0.001	44.6
Física-Química	71.2	18.6	0.066	15.3
Macrofauna-Estructurales	60.5	18.8	0.002	32.6
Macrofauna-Mecánicas	67.4	16.9	0.114	18.1
Macrofauna-Volumétricas	69.8	13.9	0.002	30.4
Química-Macrofauna	63.9	16.6	0.003	30.4

Indicador general de la calidad del suelo para sistemas silvopastoriles intensivos (SSPI)

El indicador general de calidad del suelo para los sistemas silvopastoriles, es una herramienta que permite sintetizar las evaluaciones de calidad y salud del suelo, generando parámetros comparables en el tiempo de acuerdo al manejo del sistema.

Para la construcción del indicador general de calidad del suelo y siguiendo los pasos sugeridos por Velásquez (2004), se tuvo en cuenta el análisis multivariado de componentes principales de cada una de los parámetros físicos, químicos y biológicos.

Partiendo de los resultados del ACP, se tuvieron en cuenta todas aquellas variables que fueron significativas en el aporte de los factores 1 y 2 del análisis, posteriormente, de cada grupo de variables de los parámetros evaluados se crearon subindicadores transformando los datos originales en el rango de 0.1 a 1.0 con la fórmula (1), todos aquellos valores cercanos a 1.0 corresponde a la mejor calidad del suelo:

Fórmula 1:

$$Y = 0.1 + \frac{x - b}{a - b} * 0.9$$

Dónde:
x = valor a transformar
a= valor máximo de la variable
b=valor mínimo de la variable

La tabla 3 muestra los valores promedio de los subindicadores calculados, para cada grupo de variables. Para la construcción del indicador general de la calidad del suelo (IGCS), se realizó nuevamente el análisis de componentes principales (ACP), con el fin de conocer la contribución de cada grupo de subindicadores en los factores 1 y 2 del ACP y la inercia total en estos mismos factores (tabla 4).

Tabla 3. Valores promedio de los subindicadores por grupo de variables para sistemas silvopastoriles y pasturas tradicionales en el Eje Cafetero.

Cobertura	Estructurales	Volumétricas	Mecánicas	Química	Macrofauna
Thitonia diversifolia	0.7	0.8	0.7	0.4	0.4
Leucaena leucocephala	0.4	0.5	0.6	0.4	0.5
Cynodon dactylon	0.6	0.8	0.5	0.4	0.5
Brachiaria	0.3	0.3	0.3	0.8	0.4
Cynodon plectostachyus	0.5	0.5	0.3	0.5	0.4

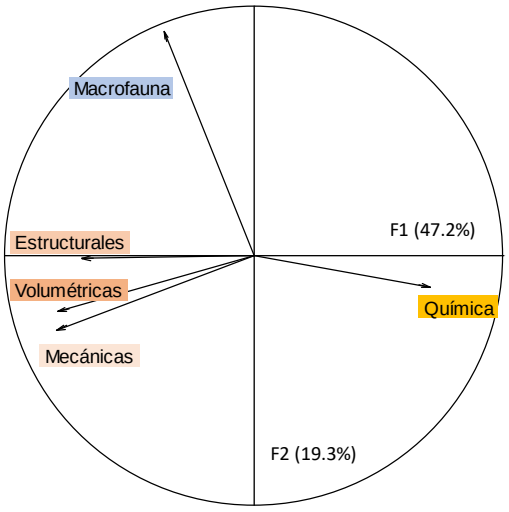


Figura 1. Círculo de correlaciones de los grupos de Subindicadores del suelo.

Tabla 4. Aporte de los subindicadores y el porcentaje de Inercia total en el análisis de componentes principales (ACP) en sistemas silvopastoriles y pasturas tradicionales en el Eje Cafetero.

Subindicadores	Aporte de los factores		Inercia (%)	
	F1	F2	F1	F2
Estructurales	202. 4	0.0075	47.2	19.3
Volumétricas	262.5	51.2		
Mecánicas	267.7	90.9		
Química	210.8	15.9		
Macrofauna	56.4	841.6		

Para construir el indicador se multiplicó el aporte de cada subindicador por la inercia total de cada uno, luego la sumatoria se dividió entre 10000 como una constante, para obtener un índice. Posteriormente, este índice se multiplicó por cada subindicador de la matriz inicial de las variables evaluadas y se calculó el Indicador General de Calidad del Suelo, con la fórmula (1) para cada cobertura (tabla 5).

Los sistemas silvopastoriles con *tithonia diversifolia y* las pasturas tradicionales con *Cynodon dactylon,* presentaron los valores más altos del IGCS, mientras que los sistemas silvopastoriles con *Leucaena leucocephala* presentaron un IGCS intermedio (Figura 2).

Tabla 5. Valores del índice general de la calidad del suelo-IGCS, para cada cobertura en sistemas silvopastoriles y pasturas tradicionales en el Eje Cafetero.

Coberturas	IGCS rangos
Tithonia diversifolia	0.6-1.0
Leucaena leucocephala	0.4-0.8
Cynodon dactylon	0.6-1.0
Brachiaria	0.1-0.4
Cynodon plectostachyus	0.4-0.6

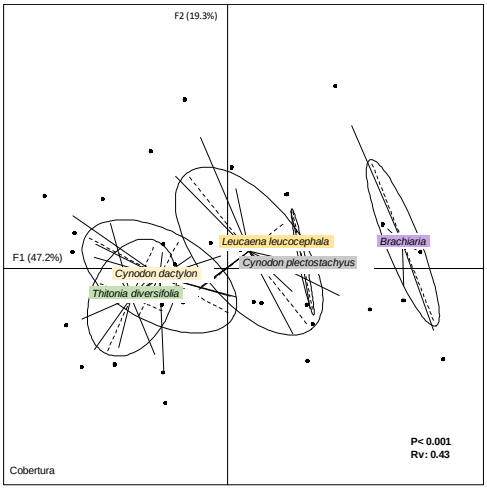


Figura 2. Análisis de componentes principales (ACP) de los valores del indicador general del suelo.

Discusión

Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPI) presentaron las mejores condiciones de calidad física, química y biológica del suelo con respescto a las pasturas tradicionales. Los análisis multivariados de componentes principales y de coinercia mostraron que las coberturas multiestrato tienen un efecto positivo sobre las funciones ecológicas y productivas del suelo; gracias a la integración del complejo de raíces de las diversas especies que acompañan el sistema silvopastoril y a la dinámica de la fauna del suelo, se logra mantener estas funciones (Torres *et al*., 2013; Sánchez de Praguer, 2018).

En estos sistemas, la calidad física del suelo estuvo determinada por bajos niveles de compactación, mejores condiciones estructurales y características adecuadas de porosidad y contenido de humedad. Las mejores condiciones de la calidad química se definieron por la materia orgánica y fósforo disponible; mientras que la riqueza y abundancia de grupos taxonómicos definió la calidad biológica del suelo en los SSPI.

Dentro de los SSPI, los suelos con *Tithonia diversifolia* se agruparon con respecto al contenido de humedad, porosidad total, agregados medianos y al

índice de estabilidad de agregación, estas características dan al suelo mejores condiciones de calidad estructural. Mientras que los suelos con *Leucaena leucocephala* estuvieron más relacionados con los niveles bajos de compactación y agregados pequeños que igualmente ayuda a mantener la estructura del suelo; datos similares fueron encontrados en estudios realizados en diversos sistemas silvopastoriles (Lok, Crespo, Frómeta, Torres y Fraga, 2007; Nuñez, Benítez, Bonnin y Paiva, 2019).

En los SSPI con *Leucaena leucocephala*, el fósforo fue determinante en la calidad del suelo, y en los sistemas con *Tithonia diversifolia* la materia orgánica. Esto se debe al aporte constante de material vegetal que fortalece el reciclaje de nutrientes en el sistema, a través de la interacción hojarasca y raíces, lo que permite que los sistemas silvopastoriles contribuyan a mantener y mejorar la fertilidad del suelo (Buitrago, Ospina y Narváez, 2018). La materia orgánica potencializa la capacidad de amortiguación en la solución del suelo, favoreciendo en encadenamiento del P en forma de humatos, de esta manera puede estar más disponible para las plantas asociadas en el sistema silvopastoril; adicional a ello, la presencia de organismos asociados a las leguminosas y gramíneas como las micorrizas o bacterias de la rizosfera, permiten y potencian movilizar el P a través de los aminoácidos secretados por las raíces que actúan como quelantes (Mahecha, Rosales, Molina y Molina, 1999; Sánchez de Praguer, 2018).

Los sistemas silvopastoriles intensivos presentaron mayor riqueza y abundancia de macrofauna edáfica. En los análisis multivariados se evidenció que los sistemas silvopastoriles están mejorando las poblaciones de macrofauna en el suelo y por tanto la calidad biológica del mismo, se resalta que tanto la riqueza de grupos taxonómicos y los Oligochaeta son las variables determinantes en mantener esta calidad. Otros estudios concluyen que ordenes como los Coleóptera, Lepidóptera y otros grupos taxonómicos como los Chilópodos y Aranea, han sido importantes en la determinación de las funciones ecológicas del suelo en sistemas silvopastoriles (Cabrera, 2012; Zuluaga, Giraldo, y Chará, 2011; Meneses y Reina, 2015).

Según el indicador general de calidad del suelo (IGSC) los sistemas silvopastoriles con *Tithonia diversifolia y* las pasturas tradicionales con *Cynodon dactylon,* presentaron los mejores índices de calidad del suelo, esta pastura tradicional es favorecida por las condiciones edafo-climáticas de la zona debido a que se encuentran a un mayor nivel altitudinal. Por otro lado, los sistemas silvopastoriles con *Leucaena leucocephala* presentaron un IGCS intermedio, esto sugiere que se debe entrar a mejorar condiciones de manejo, especialmente en relación a los periodos de descanso de los potreros.

Conclusiones

Los sistemas silvopastoriles intensivos tienen un efecto positivo sobre las funciones ecológicas y productivas del suelo. Aquellos sistemas conformados por *Tithonia diversifolia* permiten mejorar la calidad del suelo de manera más rápida una vez establecido el sistema, especialmente la calidad relacionada con los parámetros físicos. Los sistemas con *Leucaena leucocephala* al ser los sistemas más antiguos han mantenido, entre otras cosas, las características de riqueza y abundancia de las poblaciones de macrofauna edáfica mejorando la calidad biológica del mismo.

El indicador general de la calidad del suelo (IGCS), permitió definir rangos de valores para la evaluación de las condiciones de calidad del suelo. Las coberturas que muestran los mejores valores fueron los sistemas silvopastoriles con *Tithonia diversifolia y* las pasturas tradicionales con *Cynodon dactylon.* El valor intermedio de los sistemas silvopastoriles con *Leucaena leucocephala* sugiere el empleo de acciones para mejorar el sistema, en este caso se deberá corregir las condiciones de manejo, especialmente los periodos de descanso de los potreros con las rotaciones, en aquellas fincas con periodos más cortos.

Bibliografía

Buitrago, M.E., Ospina, L.A. y Narváez, W., 2018. Sistemas Silvopastoriles : Alternativa en la mitigación y adaptación de la producción bovina al cambio climático. Boletín Científico de Museos de Historia Natural, 22(1), pp. 31–42. http://doi.org/10.17151/bccm.2018.22.1.2

Cabrera, G., 2012. La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación / perturbación del suelo . Pastos Y Forrajes, 35(4), pp.349–363.

FEDEGAN., 2006. Plan Estratégico de la Ganadería Colombiana 2019. Bogotá D.C: Sanmartín Obregón & Cía. pp. 293.

FEDEGAN., 2018. Ganadería Colombiana. Hoja de ruta 2018-2022. Bogotá, Colombia. pp. 129.

FEDEGAN., 2019. Documentos de Estadística | Fedegan. Retrieved March 29, 2019, from https://www.fedegan.org.co/estadisticas/documentos-de-estadistica

Lavelle, P., Rodríguez, N., Arguello, O., Bernal, J., Botero, C., Chaparro, P., y Fonte, S.J., 2014. Soil ecosystem services and land use in the rapidly changing Orinoco River Basin of Colombia. Agriculture, Ecosystems and Environment, 185, pp.106–117. http://doi.org/10.1016/j.agee.2013.12.020

Lok, S., Crespo, G., Frómeta, E., Torres, V. y Fraga, S., 2007. Estudio y selección de indicadores de sostenibilidad en pastizales silvopastoriles basados en Leucaena leucocephala-Panicum maximum. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 41(4), pp. 371–380 .

Mahecha, L., Rosales, M., Molina, H. y Molina, E., 1999. Experiencias en un sistema silvopastoril de Leucaena. En FAO (Ed.), Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica. Roma. pp. 325–336.

Meneses, E. y Reina, A., 2015. Cuantificación de macrofauna edáfica del suelo en un sistema silvopastoril comparado con un sistema convencional en una zona de bosque seco tropical (bs-T) (Trabajo de grado, Zootecnista). Universidad de Nariño. Pasto, Colombia. pp.24.

Moreira, F., Huising, E. y Bignell, D. (Eds.)., 2012. Manual de biología de suelos tropicales (Primera). México D.F: Instituto Nacional de Ecología. pp. 337.

Navarrete, A., Vela Correa, G., Lopez, J. y Rodriguez, D.L., 2011. Naturaleza y utilidad de los indicadores de calidad del suelo. ContactoS, 80, pp. 29–37.

Nuñez, M., Benítez, E., Bonnin, J. J. y Paiva, J., 2019. Characterization of the compaction and moisture content of soils in Silvopastoral systems and natural pasture field. En J. Rivera, P. Peri, J. Chará, M. Díaz, L. Colcombet, y E. Murgueitio (Eds.), En X CONGRESO INTERNACIONAL DE SISTEMAS SILVOPASTORILES por una producción sostenible. Asunción, Paraguay. pp. 81–87.

Cantú, M., Becker, A., Camilo Bedano, J. y Schiavo, H., 2007. Evaluación De La Calidad De Suelos Mediante El Uso De Indicadores E Índices. Soil Quality Evaluation Using Indicators and Indices. Ci. Suelo (Argentina), 25(2), pp.173–178.

Rodríguez, J., Camargo, J., Niño, J., Pineda, A., Arias, L., Echeverry, M. y Miranda, C.(Eds.)., 2009. Valoración de la Biodiversidad en la Ecorregión del Eje Cafetero. Pereira. Colombia: CIEBREG. pp.238.

Sánchez de Praguer, M., 2018. Aportes de la biología del suelo a la agroecología. (1ra ed.). Palmira, Colombia: Universidad Nacional De Colombia (Sede Palmira). pp 375.

Sojka, R. E. y Upchurch, D. R., 1999. Reservations Regarding the Soil Quality Concept. Soil Science Society of America Journal, 63(5), 10-39. http://doi.org/10.2136/sssaj1999.6351039x

Torres, C., Etchevers, J., Fuentes, M., Govaerts, B., León, F. y Herrera, J., 2013. Influencia de las raíces sobre la agregación del suelo. Influence of the Roots on Soil Aggregation. Terra Latinoamericana, 31, pp. 71–84.

Velásquez, E., 2004. Bioindicadores de calidad del suelo basados en las poblaciones de macrofauna y su relación con características funcionales del suelo (Tesis de doctorado, Doctora en ciencias agropecuarias). Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. pp.189.

Velasquez, E. y Lavelle, P., 2019. Soil macrofauna as an indicator for evaluating soil based ecosystem services in agricultural landscapes. Acta Oecologica, 100, pp. 18. http://doi.org/10.1016/j.actao.2019.103446

Velasquez, E., Lavelle, P. y Andrade, M., 2007. GISQ, a multifunctional indicator of soil quality. Soil Biology and Biochemistry, 39(12), pp. 3066–3080. http://doi.org/10.1016/j.soilbio.2007.06.013

Vergara, J. A., 2015. Caracterización de la degradación y los cambios de usos de suelo en fincas ganaderas y su relación con la deversidad de aves en el Valle del río Cesar, Colombia.(Tesis de maestría, Magister Scientiae). CATIE. pp. 80.

Zuluaga, A. F., Giraldo, C. y Chará, J., 2011. Servicios ambientales que proveen los Sistemas silvopastoriles y los beneficios para la biodiversidad. Manual 4, Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible.Bogotá: CIPAV. pp 36.

Evolución de los recursos forrajero y apícola en un sistema silvoapícolapastoril bajo sauces en el Bajo Delta del Río Paraná

Forage and beekeeping evolution in a silvo beekeeping pastoral willow system in the Lower Delta of the Paraná River

Casaubón E.[*1]; Gurini L.[1]; López C.[1] y Madoz G.*[1].

Estación Agropecuaria Delta del Paraná-INTA. *casaubon.edgardo@inta.gob.ar. EEA Delta del Paraná. Paraná de las Palmas y Canal L. Comas. C.C.14. (2804) Campana. Buenos Aires. Argentina.

Resumen

La forestación con salicáceas, la ganadería y la apicultura son actividades productivas tradicionales en el Delta. El objetivo del trabajo es analizar los cambios en la vegetación con aptitudes forrajera y apícola en un sistema silvo apícola pastoril con *Salix*, seis años después de implantado. Estos resultados, junto a los estudios de valoración nutritiva, permitirán estimar la calidad y disponibilidad de recursos a lo largo del turno de corta forestal y ajustar el manejo apícola ganadero. El ensayo se instaló en 2014, en el Campo Experimental de la EEA Delta del Paraná (INTA), en un terreno de bañado endicado de 3,5 has. Se implantaron cuatro clones de Salix, a 6x6 m, y se instalaron 25 colmenas. El ganado ingresó 16 veces. Se realizaron 80 censos de vegetación durante invierno y verano de 2015 y de 2020, utilizando la metodología de Braun Blanquet. En 2020 la riqueza de especies en verano e invierno se redujo en relación a 2015. En verano se incrementaron los porcentajes de cobertura de algunas Poáceas y disminuyeron Fabáceas, Ciperáceas y rebrotes de árboles forrajeros; en invierno, incrementaron sus porcentajes otras Poáceas. Un alto porcentaje de las especies no forrajeras identificadas posee importancia apícola. *Bromus catharcticus*, *Lolium multiflorum y Paspalum urvillei* constituyen las principales Poáceas sobre las cuales es posible estructurar el manejo del componente ganadero. El recurso disponible para *Apis mellifera* disminuyó en el estrato herbáceo, permaneciendo el provisto por los estratos arbóreo y arbustivo.

Palabras clave: *Especies forrajeras, Ganado vacuno, Apis mellifera; Miel; Salix spp.*

Abstract

Forestation with Salicaceae, livestock farming, and beekeeping are traditional production activities in the Delta. The aim of this paper is to analyse the changes in vegetation with forage and beekeeping potential in a beekeeping silvopastoral system including *Salix*, after six years of plantation. These

results, together with the nutritional value assessments, allow for the estimation of resource quality and availability throughout the tree felling period and the adjustment of beekeeping and livestock management. The trial was conducted in 2014 in the Experimental Field at *Delta del Paraná* Agricultural Experimental Station (EEA) belonging to the National Institute of Agricultural Technology (INTA). The land was 3.5 ha of floodplains surrounded by dikes. Four *Salix* clones were implanted at 6×6 m and 25 beehives were set up. Cattle were introduced 16 times. Eighty vegetation censuses were carried out in winter and summer in 2015 and 2020 using Braun Blanquet methodology. In 2020, the diversity of species decreased in summer and winter compared to 2015. In summer, the coverage percentage of some Poaceae decreased, as well as Fabaceae, Cyperaceae and the regrowth of forage trees; whereas in winter, there was an increase in the percentages of Poaceae. A high percentage of the non-forage species identified has great apiary importance. *Bromus catharcticus*, *Lolium multiflorum and Paspalum urvillei* are the main Poaceae with a high potential for restructuring the management of the cattle component. The resource available for *Apis mellifera* declined in the shrub and herbaceous layers, with the resource provided by the tree layer remaining the same.

Keywords: *Forage Species, Cattle, Apis mellifera, honey, Salix spp.*

Introducción

La forestación con salicáceas, la ganadería y la apicultura son actividades productivas tradicionales en el Delta. Los suelos de bañado, drenados, con buena disponibilidad de agua en circulación, son ambientes naturalmente aptos para el cultivo del género *Salix*. Si bien el principal destino de su madera es la industria del triturado y la pulpa para papel y el cartón (95%), la misma presenta además muy buena aptitud para el aserrado y el debobinado. La ganadería y la apicultura se desarrollan en casi todo el territorio. Durante los últimos 20 años, una importante cantidad de ganado vacuno pampeano y colmenas se trasladaron a los pastizales isleños y a las plantaciones de salicáceas, convirtiendo en muchos casos a las forestaciones en sistemas de producción silvopastoriles (SSP), silvoapícolapastoriles (SSAP) y/o agrosilvopastoriles (SA).

El propósito de estos sistemas es producir madera de sauce para destinos diversos, carne y productos apícolas acordes a las exigencias de calidad de los mercados. La producción ganadera predomina en casi toda la superficie y utiliza amplias extensiones de pasturas naturales de buena calidad, e importantes volúmenes de agua para bebida, de los humedales del Delta. Las especies nativas y exóticas brindan en primavera recursos de calidad nutritiva adecuada para *Apis mellifera,* generándose varios productos como el “polen

de sauce", muy apreciado en mercados internacionales, propóleos, material vivo y distintas mieles, entre ellas de sauce, ligustrina, lotus y falso índigo.

El objetivo del trabajo es analizar la ocupación floral con aptitudes forrajera y apícola de los estratos arbustivo y herbáceo de crecimiento espontáneo, debajo de una forestación con *Salix,* y los cambios producidos en la presencia de especies, los valores de productividad y la calidad forrajera del pastizal, 7 años después de implantado el ensayo. Estos resultados, junto a los estudios de valoración nutritiva, permitirán estimar la calidad y disponibilidad de forraje a lo largo del turno de corta de la plantación y ajustar el manejo apícola ganadero.

Materiales y Métodos

El ensayo silvopastoril se instaló en el año 2014, en el Campo Experimental de la EEA Delta del Paraná del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), ubicada en el denominado Núcleo Forestal, en la Cuarta sección de Islas del delta Bonaerense.

El clima de la región es templado húmedo sin estación seca, aunque en términos absolutos, la precipitación media de los meses de invierno suele ser menor (Berrondo y Gurini, 1990). Por otra parte, dada la demanda evapotranspirativa, el balance hídrico puede ser negativo en el verano dependiendo de las condiciones climáticas previas, las características de los suelos y la vegetación (Malvarez, 1999). La temperatura media anual se encuentra entre 16,0°C y 16,5°C. La precipitación media anual es de 1019 mm año-1 (Berrondo, 1995) y la humedad relativa media anual es 76 %. Los vientos son relativamente suaves, con influencia en aquellos momentos en que sopla desde el noroeste (genera bajante pronunciada) y especialmente cuando la dirección es sudeste dado que reduce la velocidad de salida hacia el Río de la Plata y eleva el nivel de los ríos provocando crecientes de buena magnitud en algunos casos (Berrondo y Gurini, 1990).

El sitio de plantación es un terreno típico de bañado endicado de aproximadamente 3,5 has. Se implantaron guías enraizadas de tres sauces mejorados: *S. matsudana* x *S. alba* `Agronales INTA-CIEF`; *S. matsudana* x *S. nigra* `Lezama INTA-CIEF`; *S. matsudana* x *S. alba* `Los Arroyos INTA-CIEF`, y otros dos clones experimentales en etapa avanzada de selección, "98.11.01" y "94.08.43". El diseño del ensayo es un DBCA con cuatro repeticiones. Se instalaron 20 parcelas de 25 plantas c/u distanciadas a 6x6m (278 pl/ha^{-1}). La distancia de plantación utilizada fue de 6x6 m.

Se instaló un apiario de 25 colmenas, con cámara de cría y alza melaria, sobre caballetes de 45 cm. ya que se trata de un terreno protegido. Las colmenas

se manejaron siguiendo el sendero tecnológico establecido por el INTA, ajustado a las características de la zona.

Se realizaron 80 censos de vegetación en invierno y en verano de 2015 y posteriormente durante 2020 y 2021. Para el muestreo se utilizó un cuadrado de corte de 0,25 m2, y se aplicó la metodología de Braun Blanquet (1979), considerando 6 clases para la abundancia dominancia y 5 clases para la escala de frecuencias. Las parcelas en ningún caso se encontraban en pastoreo al momento de realizar los censos. Anualmente y después del pastoreo ingresó al ensayo una desmalezadora o una rastra de discos realizando un laboreo del suelo en forma superficial.

Con los datos obtenidos se elaboraron tablas fitosociológicas comparativas en cuanto a aspectos de la composición botánica, tres tipologías útiles para el manejo ganadero: A- Aptitud forrajera (Poáceas, Fabáceas, y otras forrajeras); B- Plantas sin aptitud forrajera y C- Invasoras (leñosas, o herbáceas) y una, D, correspondiente a la Aptitud apícola (Tabla 1). Se calcularon las medidas de riqueza numérica de especies de cada muestreo. Las muestras del pastizal natural se secaron en estufa a 60°C, hasta peso constante, y posteriormente en laboratorio se determinaron valores de Proteína bruta (PB), FDA y FDN y se estimó la digestibilidad (DE) (Ustarroz *et al*., 1997).

En el año 2015 se realizó el muestreo de polen, mediante trampas de posición intermedia colocadas en cinco colmenas, y de miel inmadura y miel operculada, que se extrajeron de los cuadros de cinco colmenas elegidas al azar. En todos los casos se determinó el origen botánico, mediante el reconocimiento de los tipos polínicos presentes en las muestras, utilizando el método de Louveaux (1978) y se determinó el contenido de proteínas del polen, utilizando el método de Kyeldahl. En el año 2020 se analizó el origen botánico de la miel de cosecha y se compararon los resultados con los obtenidos en el primer año del ensayo.

Resultados y Discusión

Se inventariaron en el pastizal natural 101 Angiospermas, 18 Poáceas, 3 Fabáceas, 7 arbustos forrajeros, otras especies y especies invasoras. En la temporada de verano de 2021 la riqueza (79 spp) se redujo en 25 especies y en invierno en 16 spp (61spp), en relación al primer año considerado.
En verano de 2021 se incrementaron los porcentajes de cobertura de algunas Poáceas (*Digitaria sanguinalis*, 23,58%; *Dichanthelium sabulorum*, 7,16%; *Paspalum urvillei*, 2,85%; *Deyeuxia viridiflavescens,* 0,64% *e Hymenachne pernambuscense,* 0,14%), y disminuyeron otras Poáceas (*Cortaderia selloana,* 1,69%), Fabáceas (*Amorpha fruticosa*, 0,86%), Ciperáceas (*Carex riparia*,

13,14%), y árboles forrajeros como *Morus alba* (1,12%), *Populus* spp. (1,49%), *Salix* spp. (0,29), y *Acer negundo* (1,35%) posiblemente a causa del elevado valor forrajero y palatabilidad de dichas especies.

Tabla 1: Tipologías útiles para manejos "ganadero": Aptitud forrajera (Poáceas, Fabáceas, y otras forrajeras), Sin Aptitud forrajera" y Plantas invasoras, y "apícola": Aptitud apícola.

Grupo/especie	Aptitud forrajera	Aptitud apícola
Poáceas		
Bromus catharcticus	X	X
Lolium multiflorum	X	X
Hymenachne pernambuscense	X	
Cortaderia selloana	X	X
Cynodon dactylon	X	
Digitaria sanguinalis	X	
Deyeuxia viridiflavescens	X	
Echinochloa	X	
Dichantelium sabulorum	X	
Paspalum urvillei	X	X
Paspalum dilatatum	X	X
Phalaris angusta	X	X
Setaria	X	
Glyceria multiflora	X	
Poa annua	X	
Chloris gayana	X	
Sporobolus sp.	X	
Chaetotropis sp.	X	
Fabáceas		
Trifolium repens	X	X
Amorpha fruticosa	X	X
Aeschynomene montevidensis	X	X
Otras forrajeras		
Carex riparia	X	X
Cyperus sp.	X	
Sonchus	X	X
Hypochaeris	X	X
Taraxacum	X	X
Morus alba	X	X
Acer negundo	X	X
Fraxinus americana	X	X
Salix spp.	X	X
Populus spp.	X	X
Plantas sin aptitud forrajera		
Aster squamatus		X
Carduus acanthoides	X	X
Cirsium vulgare	X	X
Conyza bonariensis		X
Scirpus giganteus		
Tagetes minuta		X
Xantiun cavanillesii		X
Plantas invasoras		
Gleditsia triacanthos	X	X
Iris pseudacorus		X
Ligustrum sinense		X
Phytolacca americana		X
Solanum bonariensis		

De igual modo, en invierno, incrementaron sus porcentajes de cobertura algunas Poáceas (*Lolium multiflorum* (11,97%), *Bromus catarcticus* (9,96%), *Cynodon dactylon* (7,74%). En la temporada de verano de 2015 se registraron los mayores valores de productividad del pastizal (5.467,5 kg de MS/ha), el menor porcentaje de PB (7,20%), mayores porcentajes de FDN (66,95%) y FDA (47,41%) y menor DE en base al FDA (51,97%), y en invierno de 2020, la menor productividad (1.241 kg de MS/ha), mayor valor de PB (14,8%), menores valores de FDN (39,66%) y FDA (19,67%) y mayor valor de DE (73,58%).

Es probable que el disturbio ocasionado por el ingreso del ganado vacuno al ensayo, y la aplicación de labores culturales, hayan favorecido la aparición de especies vegetales espontáneas valiosas desde el punto de vista forrajero y la calidad del forraje (Casaubon *et al*., 2005). A su vez, el mayor sombreamiento del dosel arbóreo, la mayor compactación de los suelos (los animales ingresaron al ensayo en 16 oportunidades, desde 2015 hasta la fecha), las precipitaciones inferiores al promedio y las bajantes extraordinarias del río durante 2020 y 2021, pueden haber influenciado esta menor productividad.



Foto 1: Ganado vacuno de raza Aberdeen Angus pastando bajo sauces en pastizal natural.

En la comparación de los tipos polínicos de las muestras de ambos momentos, se encontró que *Salix* spp., *Eucalyptus* spp., *Baccharis* spp., *Amorpha fruticosa*, *Rubus caesius* y *Ligustrum sinense*, se mantuvieron presentes y en similares %. *Carduus acanthoides*, aumentó su presencia, pasando a ser polen dominante. *Casuarina cunninghamiana* (presente en altos porcentajes en 2015), Asteráceas, *Polygonum* spp., *Lonicera japonica* y *Ludwigia* spp., (presentes inicialmente en bajos %) no están presentes en el análisis de 2020. *Sagittaria montevidensis* y Chenopodiáceas se encontraron en bajos %, en ambos casos. En el año 2020 se encontraron nuevos Tipos

polínicos como *Adesmia* sp., Poáceas, *Verbena* spp., Brassicáceas y *Alternanthera philoxeroides*, aunque en porcentajes inferiores a 3 (polen menor). Tanto el polen de *Casuarina cuninghamianna* presente en la miel de 2015, como el de Poáceas de 2020, pueden ser considerados pólenes "contaminantes", que se incorporan a la miel por efecto secundario.

En relación a las proteínas del polen se encontró, en los análisis realizados en 2015, que entre septiembre y enero los porcentajes se mantuvieron por encima de 24% (óptimo para la nutrición de las abejas). En diciembre se presentó el valor máximo, que superó el 30 %. En enero y febrero el porcentaje de proteínas del polen que ingresó a la colmena resultó insuficiente para cubrir las necesidades nutricionales de *Apis mellifera.*

En 2020 se consideró que el aumento de Poáceas, ha agudizado la deficiencia, ya que las especies de esta familia presentan pólenes pobres en proteínas, resultando inadecuados para la nutrición de la colmena.



Foto 2: Abejas en *Carduus acanthoides.*

Conclusiones

Se concluye que las especies nativas y naturalizadas *Bromus catharcticus*, *Lolium multiflorum y Paspalum urvillei* constituyen las principales Poáceas sobre las cuales es posible estructurar el manejo del componente ganadero en las parcelas de salicácaceas. Las principales especies complementarias de esta familia son las nativas, *Hymenachne pernambuscense, Deyeuxia viridiflavescens*, *Phalaris angusta, Glyceria multiflora*. El recurso disponible para *Apis mellifera* disminuyó en casi todos los casos en el estrato herbáceo, permaneciendo el provisto por los estratos arbóreo y arbustivo.

Bibliografia

Berrondo, G., 1995. Registros Pluviométricos Diarios Período 1964-1994.

Berrondo, G., Gurini, L., 1990. Características Ecológicas del Delta del Río Paraná. Informe técnico de la Estación Experimental Delta del Paraná. INTA.

Braun Blanquet J., 1979. Fitosociología. Bases para el estudio de comunidades vegetales. Blume Ediciones, Barcelona. España.

Casaubón, E., Gurini, L., Cueto, G., Arano, A., Torrá, E., Corvalán, G., González, A. y Ortiz, S. 2005. Evaluación del efecto de diferentes labores culturales en un sistema silvopastoril de álamo en el bajo delta bonaerense del Río Paraná. III Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Corrientes.

Casaubón, E; González, A. 2009. Sistemas silvopastoriles en plantaciones de sauce en el bajo delta del río Paraná. XIII Congreso Forestal Mundial. Buenos Aires. Argentina.

Casaubón, E., Cornaglia, P., Peri, P., Gatti, M., Clavijo, M., Borodowski, E., Cueto, G.R. 2016. Silvopastoral Systems in the Delta Region of Argentina En: Peri, P.L., Dube, F., Varella, A., (Eds.). Silvopastoral Systems in Southern South America. Advances in Agroforestry 11. Springer. ISSN 1875-1199. ISBN 978-3-319-24107-4. DOI 10.1007/978-3-319-24107-4. Pp 41-62.

Ferrere, P., Millanes, A., Gurini, L. 2013 Estudios de un sistema silvo-apícola-pastoril como alternativa de diversificación productiva en el Centro-Oeste de la Pcia. de Bs.As. Segundo Seminario Nacional de productos Forestales no madereros del Bosque Nativo. Santiago del Estero.

GuriniI, L. y Fracassi, N. 2018. Flora apícola del Delta del Paraná. Algunas de las especies más importantes de la Región. Doc. INTA.15 pp.

Gurini, L. 2019. Lista de especies de importancia apícola de Argentina., consideradas por Ecorregiones. Doc. INTA. 28 pp.

Gurini, L., Basilio, A., Fracassi, N., Casaubón, E. 2014. Las Salicáceas de los géneros *Salix y Populus* como recurso para la producción apícola en el Bajo Delta del Paraná. Resúmenes del XI

Gurini, L., Casaubón, E., Basilio, A., López, V.A. 2018. Recurso apícola ofrecido por la flora acompañante de las plantaciones de Salicáceas en el Bajo Delta del Paraná. XIII Congreso Latinoamericano de Apicultura. FILAPI. Montevideo.

Louveaux, J., Maurizio A., Vorwohl, G. 1978. Methods of Melissopalynology, Bee World 59, 139-157.

Malvarez, I. 1999. Malvarez, A.I., 1999. El Delta del Río Paraná como macromosaico de humedales, en: Malvarez, A.I. (Ed.), Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica. UNESCO, Montevideo, Uruguay, pp. 35-54.

Ustarroz E., Latimori N., Peuser R. 1997. Módulo de programación forrajera. Alimentación en bovinos para carne. 4to Curso de Capacitación para Profesionales. EEA Manfredi INTA, Pcia de Córdoba. Argentina.

Establecimiento de sistemas agroforestales en el delta del Paraná: comportamiento de barbados de sauce para su instalación

Establishment of agroforestry systems in the Paraná river delta: behavior of rooted willow pole cuttings for it establishment

Casaubon E.; Cerrillo T.; Madoz G.*

Estación Agropecuaria Delta del Paraná-INTA. *casaubon.edgardo@inta.gob.ar. EEA Delta. Paraná de las Palmas y Canal L. Comas. C.C.14. (2820) Campana. Buenos Aires. Argentina.

Resumen

Las plantaciones de *Salix spp* en Argentina se concentran en el bajo Delta del río Paraná, con preponderancia de suelos de bañado. Estos suelos, cuando están bien sistematizados y con buena disponibilidad de agua en circulación cercana a las raíces, son ambientes aptos para el cultivo de salicáceas. Se establece tradicionalmente a través de estacas de largo variable, nunca barbados. Si bien no es habitual el pastoreo bajo sauces, es factible utilizar este género en sistemas silvopastoriles (SSP) y silvoapícolaspastoriles (SSAP). En las escasas experiencias disponibles, se observa que el ingreso de ganado vacuno al sistema, en función del alcance de un diámetro a la altura de pecho (DAP) mínimo, se inicia entre el 4° y el 6° año de edad. Dada la palatabilidad estacional de las salicáceas, el valor nutritivo de sus hojas, el ingreso prematuro del ganado puede ocasionar pérdida o daño de plantas por tumbado, quebrado o descortezado. Utilizando la silvicultura tradicional, el ganado permanece en el sistema solo 2 ó 3 años, a causa de las altas densidades de plantación, falta de podas y raleos, y a la arquitectura de copa tipo globosa de la mayoría de los clones, que al sombrear el suelo reduce el volumen del pastizal natural. Con el propósito de generar información para acelerar el ingreso de vacunos y colmenas de *Aphis mellifera* al sistema, se instaló en 2014, un ensayo, en el Campo Experimental de la Estación Experimental Agropecuaria Delta del Paraná del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), situado en el denominado Núcleo Forestal, en la Cuarta Sección de Islas del Delta Bonaerense. En un terreno típico de bañado endicado y de aproximadamente 3,5 ha, se plantaron barbados (T1, R1) de tres sauces mejorados: *S. matsudana* x *S. alba* `Agronales INTA-CIEF`; *S. matsudana* x *S. nigra* `Lezama INTA-CIEF`; *S. matsudana* x *S. alba* `Los Arroyos INTA-CIEF`, y de otro clon experimental en etapa avanzada de selección, "98.11.01". El material genético utilizado se caracteriza por un crecimiento rápido, fuste recto y copa estrecha. El diseño del ensayo es un DBCA con cuatro repeticiones. Se instalaron 16 parcelas de 25 plantas c/u con un distanciamiento cuadrado de 6m x 6m (278 pl. ha^{-1}). El porcentaje de prendimiento de estos materiales fue de un 100%. El ganado vacuno ingresó

al ensayo por primera vez, al décimo mes de plantado, y posteriormente en 15 oportunidades. Al séptimo año (2021) se caracterizó el comportamiento en DAP y Ht de los cuatro clones. En sitios y distanciamientos como los aquí descriptos, el clon Lezama superó en volumen, al clon Agronales en un 9,5%; al híbrido "98.11.01" en un 34,5%, y el clon Los Arroyos en un 47%. Sobre la base de estos resultados preliminares se concluye que barbados de los clones mencionados, plantados a distanciamientos superiores a los habituales para sauces en la región, poseen buena capacidad de supervivencia, permiten acelerar el ingreso del ganado al sistema, y por su esbeltez y copa estrecha, disminuir el sobresombreado en el sotobosque, facilitando el crecimiento del pastizal natural, prolongando la permanencia del pastoreo del ganado en el sistema, motivo por el cual se aconseja su utilización.

Palabras clave: *Sistemas Silvopastoriles; Salix spp.; material de multiplicación; sobresombreamiento; Río Paraná.*

Abstract

Willow (*Salix spp.*) plantations in Argentina are mainly concentrated in the Paraná river Delta. The propagation material used are cuttings (of variable length), rarely un-rooted pole cuttings, and never rooted pole cuttings. Although grazing under willow plantations is not common in this area, willow trees can be used on Silvopastoral Systems (SPSs). The few examples of the system analyzed, show that livestock entry starts between the fourth and the sixth years, depending on trunk diameter (DBH), to minimize plant loss due to cattle tree knockdown, breakage or bark-stripping. With the aim to generate dasometric information in order to bring forward livestock and beehive entry in to the silvopastue, a trial was established in 2014, to asses the rooting capacity of rooted pole cutting (T1, R1) for three willow trees *S. matsudana* x *S. alba* `Agronales INTA-CIEF`; *S. matsudana* x *S. nigra* `Lezama INTA-CIEF`; *S. matsudana* x *S. alba* `Los Arroyos INTA-CIEF`and "98.11.01" in an advanced selection stage, in INTA's Delta Agricultural Experimental Station. The genetic material used is characterized by fast growth, straight shafts, and narrow crowns. The first grazing was introduced at age 10 month, followed by 15 cattle grazing during the 6 years fron 2015 to 2021. Based on the 2021, measurements, the clone Lezama, Agronales and 98.11.01 yielded 9,5%, 34,5% and 47% respectably, better than "Agronales". All of them should be a good option for the establishment of a SPSs, accelerating the entry of livestock and increasing the time foraging period of the systems.

Keywords: *Silvopastoral Systems, Salix spp., propagation materials, over shadowing, Paraná River.*

Costos de producción de leche en los sistemas doble propósito y lechería especializada con modelos convencionales y sistemas silvopastoriles en 10 departamentos de Colombia

Milk production costs in the dual purpose and specialized dairy systems with conventional and silvopastoral systems models in 10 Colombian departments

*[1, *]O.A. Lopera Marín; [1]M. Cruz Sánchez; [1]J.J. Lopera-Marín; [1]C.P. Sossa Sánchez; [1]E. Murgueitio Restrepo; [2]A. García*

[1]Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria -CIPAV-. Carrera 25 # 6-62, Cali, Colombia.
[2]Econometría Consultores. Bogotá, Colombia.
[*]Autor para correspondencia: omarloperam@fun.cipav.org.co

†Proyecto *Evaluación del apoyo presupuestario de la Unión Europea al sector lácteo colombiano y de la política láctea del sector en el periodo 2010-2018.* Financiado por la Unión Europea y ejecutado por Econometría Consultores y CIPAV.

Resumen

Objetivo: construir los costos de producción/L de leche en los sistemas de doble propósito (DP) y lechería especializada (LE) con modelos convencionales y sistemas silvopastoriles (SSP) en 10 departamentos de Colombia. *Materiales y métodos:* para los sistemas lecheros convencionales con DP y LE se estableció una muestra indicativa con criterios de selección (participación en la producción de leche, dinámica en la producción láctea y del acopio de leche, orientación del hato bovino, productividad láctea, índice de pobreza multidimensional, y mano de obra), tomando como base los conglomerados lecheros de Colombia. Se definieron 10 departamentos (altiplano Cundiboyacense, Antioquia, Arauca, Caquetá, Cesar, Córdoba, Magdalena, Meta, Nariño y Valle del Cauca), y en cada uno se realizaron tres talleres participativos con productores, técnicos, profesionales y gremios ganaderos donde se construyó para cada caso la estructura de costos utilizando la herramienta *costos rápidos para sistemas de producción de leche, doble propósito y carne.* Para los SSP se escogieron fincas dentro de los mismos departamentos donde se usó la misma herramienta con los productores. La información fue analizada con estadística descriptiva, presentando valores promedios en general y por sistema lechero. *Resultados y conclusiones:* En los modelos convencionales el costo general encontrado para producir un L de leche en estos departamentos, sin y con alquiler de la tierra fue de USD $ 0.225 y 0.236, respectivamente. A nivel nacional, el valor reportado fue de USD $ 0.241 (incluyendo el alquiler de la tierra) dentro de la época de la evaluación. En el DP se encontraron costos promedios de USD $ 0.201 y 0.212, respectivamente. Los rubros con mayor peso en la estructura

de costos fueron mano de obra, alimentación e insumos para el manejo de praderas (representando el 76% de los costos). La LE presentó costos de USD $ 0.225 y 0.236, respectivamente, siendo los rubros más importantes mano de obra e insumos y praderas (64%). En los SSP con DP se encontró un costo/L de leche (sin y con alquiler de la tierra) de USD $ 0.157 y 0.162, respectivamente. Para el caso de la LE, el costo fue USD $ 0.178 y 0.185, respectivamente. En general, los modelos convencionales pueden generar márgenes brutos de ganancia/L del 26.5% y en los SSP ganancias hasta del 55.6%, generando un diferencial de 29.1%. Evidentemente los SSP pueden contribuir a la reducción de costos e incrementar los márgenes de ganancia, contribuyendo a la sostenibilidad. Esto debe estar acompañado de la gestión del conocimiento en todos los niveles (gremios, profesionales, técnicos y productores: manejo de potreros con rotación de potreros, nutrición básica de vacas lecheras, costos, manejo de información productiva y económica a través de registros, prácticas agroecológicas, gestión del recurso hídrico, entre otros) con modelos de ganadería sostenible donde también se incluyan el enfoque de género y el relevo generacional para garantizar mayor continuidad en los procesos.

Palabras clave: *alimentación, ganadería sostenible, mano de obra, rubros, tierra.*

Abstract

Objective: to construct the costs of production/L of milk in dual purpose (DP) and specialized dairy (SD) systems with conventional models and silvopastoral systems (SPS) in 10 departments of Colombia. *Materials and methods:* for conventional dairy systems with DP and SD, an indicative sample was established with selection criteria (participation in milk production, dynamics in milk production and milk collection, herd orientation, milk productivity, multidimensional poverty index, and labor force) based on the Colombian dairy clusters. Ten departments were defined (Altiplano Cundiboyacense, Antioquia, Arauca, Caquetá, Cesar, Córdoba, Magdalena, Meta, Nariño, and Valle del Cauca), and three participatory workshops were held in each one with producers, technicians, professionals, and livestock associations, where the cost structure was constructed for each case using *the quick cost tool for milk, dual-purpose and meat production systems*. For the SPS, farms were selected within the same departments where the same tool was used with the producers. The information was analyzed with descriptive statistics, presenting average values in general and by dairy system. *Results and conclusions:* In conventional models the overall cost found to produce one L of milk in these departments, without and with land rent was USD $ 0.225 and 0.236, respectively. At the national level, the value reported was USD $ 0.241 (including land rent) within the evaluation period.

In the DP, average costs were found to be USD $ 0.201 and 0.212, respectively. The items with the greatest weight in the cost structure were labor, feed and inputs for pasture management (representing 76% of the costs). The SD presented costs of USD $ 0.225 and 0.236, respectively, with the most important items being labor and inputs and pasture (64%). In the SPS with DP, a cost/L of milk (without and with land rent) of USD $ 0.157 and 0.162, respectively, was found. For SD, the cost was USD $ 0.178 and 0.185, respectively. In general, conventional models can generate gross profit/L margins of 26.5% and in SPS profits up to 55.6%, generating a differential of 29.1%. Clearly, SPS can contribute to cost reduction and increase profit margins, contributing to sustainability. This must be accompanied by knowledge management at all levels (unions, professionals, technicians, and producers: paddock management with paddock rotation, basic nutrition of dairy cows, costs, management of productive and economic information through records, agroecological practices, water resource management, among others) with sustainable livestock models that also include the gender approach and generational replacement to ensure greater continuity in the processes.

Keywords: *feed, sustainable livestock, labor, crops, land.*

Caracterización morfológica y productiva de materiales de *Tithonia diversifolia* colectados en el estado de Chiapas, México

J. Alonso[1]; R. Grajales[2]; R. Hernández[2]; M.E. Reyes[2] y R. Tuero[1]

[1]Instituto de Ciencia Animal, Mayabeque, Cuba.
[2]Universidad Autónoma de Chiapas, México
Autor para correspondencia: jalonso@ica.co.cu

Resumen

Tithonia diversifolia se extiende en los sistemas de producción animal en América Latina y diferentes resultados muestran gran variabilidad genética de los materiales silvestres. El objetivo de este trabajo fue caracterizar morfológica y productivamente materiales de *T. diversifolia* colectados en Chiapas, México. Las colectas, de semilla botánica (cabezuelas) y material vegetativo, se realizaron en el noreste del estado Chiapas donde existen diversos ecosistemas. Con las semillas botánicas se realizó un bio-ensayo de germinación y con el material vegetativo un experimento en campo con evaluaciones a 90, 120 y 150 días de crecimiento. En ambos casos se utilizó un diseño completamente aleatorizado con tres y 13 repeticiones, respectivamente. Se colectaron y georreferenciaron 34 materiales y 12 tuvieron semilla botánica al momento de la colecta. Todas las semillas tuvieron capacidad germinativa. El mayor porcentaje de germinación (32.7 %) lo alcanzó la colecta 32 mientras que la colecta 33 tuvo el menor valor (0.7 %). El 50 % de los materiales tuvieron un índice de velocidad de emergencia (IVE) superior a 0.5. En campo, cinco de los materiales colectados no se reprodujeron. Los materiales 24 y 29 alcanzaron la mayor altura y el mayor número de hojas por planta. El grupo con mayor producción de materia verde por planta (10.29 kg) fue conformado por los materiales 14 y 24. Se concluye que las variables morfológicas y productivas posibilitaron conformar tres grupos de materiales vegetales los cuales pueden introducirse en diferentes alternativas para la producción animal en el estado de Chiapas, México.

Palabras clave: *germoplasma, evaluación, producción de biomasa, sistemas silvopastoriles.*

Abstract

Tithonia diversifolia is widespread in animal production systems in Latin America and different results show great genetic variability of wild materials. The objective of this work was to characterize morphologically and productively materials of *T. diversifolia* collected in Chiapas, Mexico. The collections, of botanical seed (heads) and vegetative material, were carried out in the northeast of the state of Chiapas where there are various

ecosystems. With the botanical seeds a germination bio-test was carried out and with the vegetative material a field experiment with evaluations at 90, 120 and 150 days of growth. In both cases, a completely randomized design with three and 13 repetitions, respectively, was used. 34 materials were collected and georeferenced and 12 had botanical seed at the time of collection. All the seeds had germination capacity. The highest germination percentage (32.7%) was reached by collection 32 while collection 33 had the lowest value (0.7%). 50% of the materials had an emergency speed index (IVE) higher than 0.5. In the field, five of the collected materials were not reproduced. Materials 24 and 29 reached the highest height and the highest number of leaves per plant. The group with the highest production of green matter per plant (10.29 kg) was made up of materials 14 and 24. It is concluded that the morphological and productive variables made it possible to form three groups of plant materials which can be introduced into different alternatives for animal production in the state of Chiapas, Mexico.

Key words: *germplasm, evaluation, biomass production, silvopastoral systems.*

Introducción

Las condiciones ecológicas del trópico favorecen el desarrollo pecuario al implementar tecnologías de producción basadas en uso de la biodiversidad presente en la región. Dentro de estas tecnologías los sistemas silvopastoriles intensivos con árboles y arbustos forrajeros se diseminan rápidamente en todo el mundo.

En América Latina la utilización de *Tithonia diversifolia* en estos sistemas permite mayor cantidad y calidad de la biomasa producida (Alonso *et al*., 2017), incrementos en la producción animal (Ribero *et al*., 2017) y contribuyen a disminuir los efectos negativos de la producción pecuaria sobre el medio ambiente (Rivera *et al*., 2016).

Perteneciente a la familia Asteraceae, *T. diversifolia* es una planta originaria de México (Santos-Gally *et al*., 2020) y se encuentra distribuida ampliamente en todo el continente latinoamericano y el Caribe. Los estudios genéticos realizados con *T. diversifolia* muestran amplia diversidad genética en materiales silvestres (Del Val *et al*., 2017 y Rivera *et al*., 2019) confiriendo así un alto potencial adaptativo para las poblaciones de la especie. Su variabilidad se refleja al evaluar agronómicamente materiales vegetales colectados en diversas condiciones agroclimáticas (Ruiz *et al*., 2017 y Rodríguez *et al*., 2019) y sugieren (Holguín *et al*., 2015) la necesidad de identificar, caracterizar y seleccionar materiales con mayor capacidad

adaptativa, reproductiva y productiva dentro de la especie para optimizar su uso en los sistemas de producción animal.

En este sentido, el objetivo de este trabajo fue realizar una caracterización morfológica y productiva de materiales de *T. diversifolia* colectados en el estado de Chiapas, México.

Materiales y Métodos

Localización del área de estudio: El trabajo se desarrolló en las praderas experimentales y demostrativas de la Escuela de Estudios Agropecuarios Mezcalapa de la Universidad Autónoma de Chiapas, localizada en el km 4.5 de la carretera Copainalá- Tecpatan entre los 17º 04'48,6" de latitud norte y 93º 13' 30,1" de longitud oeste a 450 metros sobre el nivel del mar (INEGI, 2018).

Procedimiento para las colectas: Las colectas se efectuaron entre el 13 y el 21 de noviembre de 2016 y tuvieron en cuenta elementos básicos recogidos en la metodología propuesta por Machado *et al*., (1999) para la colecta, conservación y caracterización de especies herbáceas, arbóreas y arbustivas útiles para la ganadería y las establecidas por Toral *et al*., (2015) para la prospección y colecta de especies de interés para la ganadería en dos provincias cubanas. Ambos métodos de colecta se aplicaron en la región noreste del estado Chiapas donde existe amplia variabilidad de los ecosistemas. Además, ésta abracó el municipio Tonalá en la región más suroriental de la zona costera. Cada punto de colecta fue georreferenciado mediante el Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

Se utilizó el método de colecta individual y se estableció una distancia mínima de 20 km entre una colecta y otra o cuando los cambios edafoclimáticos de la región fueron contrastantes. Se cortaron varios tallos de todos los materiales colectados para la obtención de material vegetativo y donde hubo presencia de semilla botánica (cabezuela con brácteas y pedúnculos secos color marrón según los criterios de Uribes *et al*., (2017) y Padilla *et al*., 2018)) ésta también fue colectada. Los materiales se identificaron numéricamente de manera sucesiva y en el momento de la colecta se realizó una breve descripción del lugar y del estado fenológico en que se encontraba la planta colectada.

Los tallos colectados se mantuvieron húmedos para evitar su desecación durante el periodo de la colecta. Las semillas botánicas colectadas se colocaron en bolsas de nylon debidamente selladas. Se realizaron 3 días de colectas y después de cada una los materiales se trasladaron a la parcela experimental de la Escuela de Estudios Agropecuarios Mezcalapa donde el

material vegetativo fue plantado en campo y las semillas botánicas se colocaron en una caja de cartón dividida por celdas identificadas y limitadas para evitar su contaminación. Estas se secaron al sol hasta que los aquenios se desprendieran fácilmente.

Plantación y diseño de las parcelas experimentales: Se utilizó un área total de 900 m^2 sobre un suelo perteneciente al grupo de los Leptosoles según Flores *et al*., (2006); franco arcilloso, pedregoso, con pH neutro, textura media, libre de salinidad y alto contenido de materia orgánica. La misma se chapeó de manera manual y posteriormente, se retiraron todas las piedras y los residuos vegetales. Antes de la plantación de los materiales colectados y durante toda la investigación el área se limpió con azadón para evitar competencia con otras plantas.

Se empleó un diseño completamente aleatorizado con 13 repeticiones y para la plantación se utilizaron estacas semileñosas de 40 cm de largo obtenidas de la parte central de los tallos colectados siguiendo las recomendaciones de Lourenco *et al*., (2015). La misma se realizó en surcos de cinco metros de largo de forma manual enterrando la parte basal de la estaca hasta 10 cm de profundidad. La distancia entre surcos fue de tres metros y la distancia entre planta de 40 cm para un área experimental de 15 m^2 por parcela Finalizada las plantaciones se aplicaron de forma manual 20 l de agua por surco. Este procedimiento se realizó cada 3 días durante los primeros 30 días después de la plantación.

Con la semilla botánica se realizó en condiciones de laboratorio un bio-ensayo de germinación en placas de petri utilizando igualmente un diseño completamente aleatorizado, pero con 3 repeticiones. Como sustrato se empleó la capa superficial de un Leptosol (Flores *et al*., 2006) previamente tamizado en tamiz de cinco milímetros y esterilizada en una estufa de circulación de aire forzado durante 72 horas a 65°C. En cada placa se colocaron 50 semillas y el sustrato siempre se mantuvo a capacidad de campo realizando dos riegos al día con aspersor manual.

Indicadores, metodología y frecuencia de muestreo: En la prueba de germinación después de la siembra y durante 30 días se evaluó el índice de velocidad de emergencia (IVE) según la metodología propuesta por Maguire, (1962) utilizando la formula: IVE= E1/N1 + E2/N2 + ... + En/Nn, donde E1, E2…En es el número de plantas emergidas en el primer, segundo y hasta el último conteo y N1, N2…Nn es el número de días desde la siembra al primer, segundo y hasta el último conteo. Además, 30 días después de la siembra se calculó el porcentaje de germinación.

En el trabajo desarrollado en campo se adaptó la metodología de Maguire, (1962) para evaluar el índice de velocidad de brotación (IVB) de las estacas plantadas durante 30 días después de la plantación. Se utilizó procedimiento similar al descrito anteriormente para el cálculo del IVE.

La caracterización morfológica y productiva en las condiciones de campo se inició 90 días después de la plantación y se realizó con una frecuencia de 30 días hasta los 150 días de crecimiento. Los indicadores determinados en el total de plantas de la unidad experimental fueron la altura de la planta (m) con el empleo de una regla graduada midiendo desde el suelo hasta el ápice de la planta, diámetro del tallo (cm) con el uso de un pie de rey a la altura de 20 cm del suelo, número de rebrotes por planta y número de hojas por planta a través de conteos.

A los 150 días de crecimiento y considerando este periodo de establecimiento las plantas se cortaron a 40 cm de altura y se determinó el peso verde total de hoja, peso verde total de tallo y el rendimiento de MV por hectárea.

Los datos fueron sometidos a la prueba de normalidad (Shapiro & Wilk, 1965) y homogeneidad (Levene,1960), y sometidos a análisis de varianza (ANOVA). En los casos necesarios se utilizó la prueba de Duncan (Duncan, 1955) para la comparación de media. Se aplicó un análisis de conglomerado como herramienta de análisis multivariado con los índices de velocidad de emergencia (IVE) y velocidad de brotación (IVB) así como para los porcentajes de germinación, brotación y las variables altura de la planta, número de hojas, número de rebrotes y rendimiento de MV por planta. Se utilizó la distancia euclidiana con valor igual a uno para la conformación de los grupos.

Resultados y discusión

Se colectaron y georreferenciaron 34 materiales (Figura 1). Se cortaron tallos para la obtención de material vegetativo de todos los materiales colectados y sólo 12 disponían de semilla botánica al momento de la colecta.

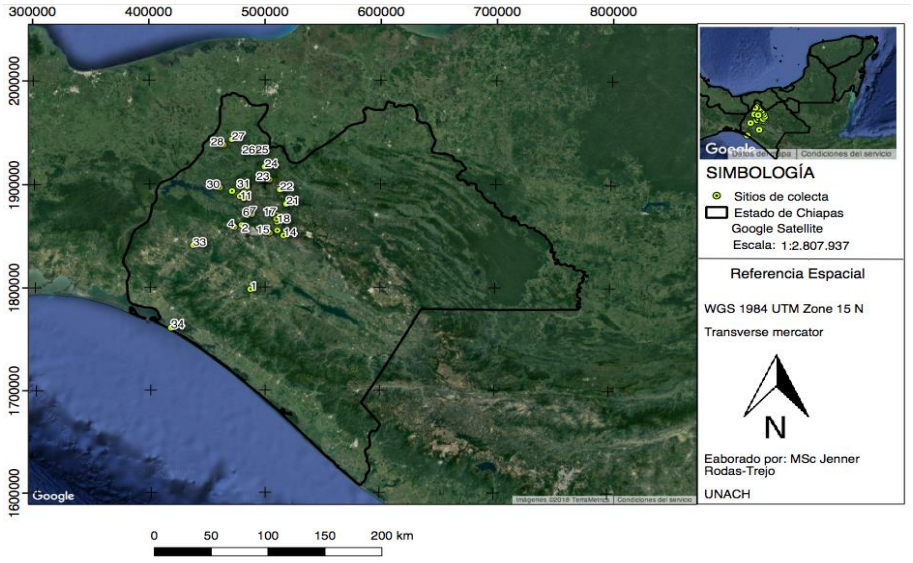


Figura 1. Mapa con los sitios de colecta de los materiales de *Tithonia diversifolia* en Chiapas, México

Los resultados de germinación mostraron que todos los materiales colectados presentaron capacidad germinativa. El mayor porcentaje de germinación (32.7%) lo alcanzó la colecta 32 mientras que la colecta 33 tuvo el menor valor (0.7%) para este indicador. El resto de los materiales que presentaron semillas botánicas germinaron entre 24.7 y 1.3% y algunos de ellos no tuvieron diferencias de las colectas 32 y 33 (Tabla 2). Los materiales 32, 30, 24, 31 y 23 tuvieron un índice de velocidad de emergencia superior a 0.8 y no mostraron diferencias entre ellos. Este índice para el material 18 (0.59), aunque no difirió de los materiales antes mencionado, fue similar a los demás materiales con valores entre 0.02 y 0.45.

Tabla 2. Germinación (%) e índice de velocidad de emergencia (IVE) en semillas de *Tithonia diversifolia* colectadas en el estado de Chiapas.

No de Colecta	Germinación, %	IVE
32	5.62^{a} (32.7)	1.21^{a}
30	4.83^{ab} (24.7)	0.94^{ab}
24	4.61^{ab} (22.0)	0.93^{ab}
31	4.89^{ab} (24.0)	0.92^{ab}
23	4.15^{ab} (26.0)	0.89^{ab}
18	4.58^{ab} (21.3)	0.59^{abc}
25	3.34^{abc} (11.3)	0.45^{bc}
27	3.61^{ab} (13.3)	0.36^{bc}
28	3.05^{abc} (9.3)	0.33^{bc}
12	2.23^{bcd} (5.3)	0.15^{c}
34	0.94^{cd} (1.3)	0.04^{c}
33	0.47^{d} (0.7)	0.02^{c}
EE±	0.79	0.20
p-vaule	0.0021	0.0023

^{abcd} Medias con diferentes superíndices en la misma columna difieren P<0.01 (Duncan 1955)
( ): Valores reales. EE: Error estándar

El análisis de conglomerados, para ambos indicadores, mostró que los materiales colectados se agruparon en dos conjuntos (Figura 2). Los materiales 32, 31, 30, 24 y 23 conformaron el grupo con mayor índice de velocidad de emergencia (0.98 ±0.09) mientras que para el porcentaje de germinación el grupo con mayores valores (25.12 ±2.82 %) se conformó por los materiales antes citados más el material 18. El resto de los materiales colectados se ubicaron en un segundo grupo con valores 0.28 ±0.18 y 6.89 ±4.44 para el índice de emergencia y porcentaje de germinación, respectivamente.

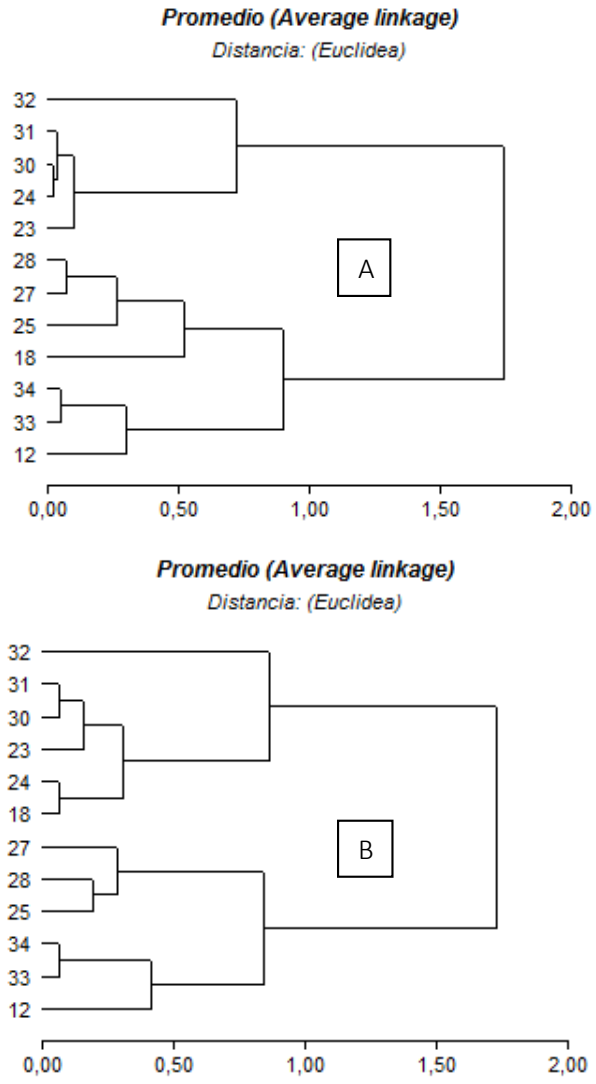


Figura 2. Agrupamientos de materiales de *Tithonia diversifolia* colectados en el estado de Chipas, México según capacidad germinativa se su semilla gámica. (A) Índice de velocidad de emergencia y (B) porcentaje de germinación.

Según Peters *et al*., (2003) los porcentajes de germinación de las semillas de *T. diversifolia* son bajos y similares a los encontrados en esta investigación. Esta característica también fue señalada por González-Castillo *et al*., (2014)

y puede ser considerada una circunstancia favorable para evitar el comportamiento invasor de la planta cuando es utilizada como especie multipropósito en sistemas ganaderos (Gordon, 2009).

Al estudiar diferentes momentos de cosecha de la semilla en esta especie Padilla *et al*., (2018) informan similares porcentajes de germinación a los encontrados en este trabajo cuando cosecharon las cabezuelas con brácteas verdes y pétalos marchitos. Sin embargo, al realizar la cosecha cuando las cabezuelas tenían las brácteas verdes y sin pétalos o con brácteas y pedúnculos secos los porcentajes de germinación fueron superiores.

El estado fenológico y la madurez fisiológica de la semilla al momento de la cosecha definieron los porcentajes de germinación en ambas investigaciones y evidencian, como señaló (Saavedra 2016), la necesidad de profundizar sobre la fisiología y estrategias reproductivas de esta especie para la obtención de semilla sexual viable. Padilla *et al*., (2018) plantearon además, que los trabajos deben dirigirse al conocimiento biológico de la inflorescencia y la formación del aquenio.

Trabajos desarrollados en Colombia demuestran avancen en este sentido (Mahecha y Angulo, 2017; Uribe *et al*., 2017) al definir diferentes estrategias para el establecimiento de bancos semilleros para producción a mediana escala de semilla sexual como una herramienta para la generalización del uso de *T. diversifolia* en los sistemas pecuarios y señalaron que la utilización de la siembra de semilla sexual directamente en campo favoreció el establecimiento de esta especie.

Los resultados de los trabajos anteriormente citados reflejan que la germinación durante los primeros días pos-cosecha es aceptable, independientemente que varía entre los materiales vegetales estudiados como ocurrió en esta investigación. Dicha variación en la germinación puede deberse a una latencia fisiológica (Santos-Gally *et al*., 2019) y a irregularidades observadas en su división meiótica (Alcorcés *et al*., 2007).

La evaluación en campo mostró que sólo cinco de los materiales colectados no se reprodujeron (Figura 3). Se apreció que de los materiales viables el 58.6% tuvo una brotación mayor del 65% (n=17) (Figura 3A). El resto de los materiales (n=12) se dividieron en dos grupos iguales con porcentajes de brotación entre 40 y 65% y menor de 40%. De igual manera, el índice de velocidad de brotación indicó diferencia en el tiempo con que los materiales brotaron (Figura 3B). El 10.34% (n=3) de los materiales con brotación tuvo un Índice de Velocidad de Brotación (IVB) entre 2 y 3 mientras el 24.1% (n=8) alcanzó valores entre 1 y 2. En el resto de los materiales (n=18) este indicador no alcanzó la unidad.

Los elevados valores de sobrevivencia y prendimiento de la estaca pudieran estar dados por el singular volumen radical y la habilidad especial para absorber y extraer los nutrientes del suelo, característica propia de *T. diversifolia* (Mahecha y Rosales 2005), lo cual permite un mayor anclaje en poco tiempo y garantiza una excelente persistencia durante el establecimiento.

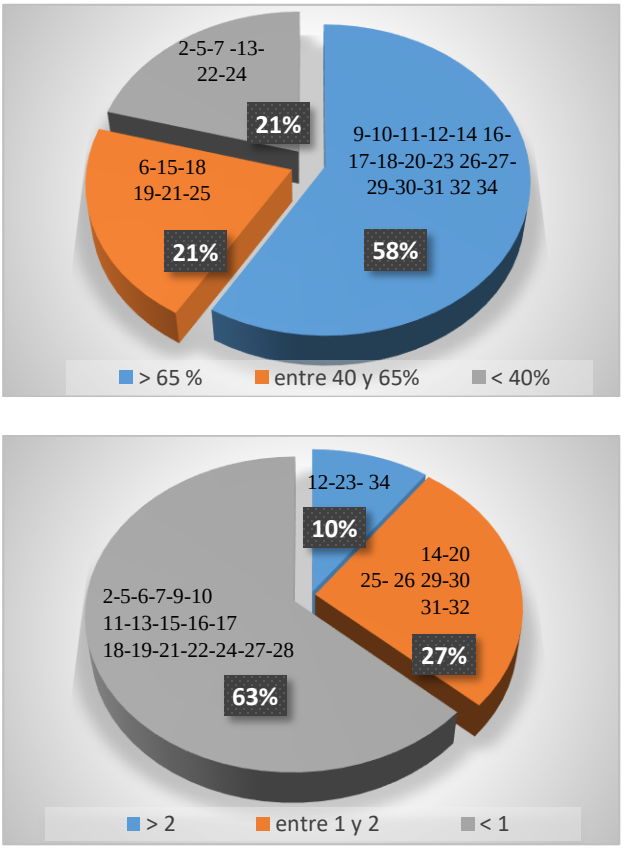


Figura 3. Capacidad reproductiva de materiales de *Tithonia diversifolia* colectados en el estado de Chiapas, México. (Izquierda: Porcentaje de Brotación y Derecha: Ìndice de Velocidad de Brotación)

Los índices de velocidad de brotación alcanzados indican el potencial de *T. diversifolia* para iniciar un acelerado proceso de crecimiento después de la plantación, característica que se busca en plantas forrajeras. Medina *et al*., (2009) mencionan que, entre más acelerado sea el desarrollo de la planta más pronto será la producción de forraje y se evitan pérdidas económicas.

Las mediciones morfológicas mostraron un comportamiento variable en todos los momentos de muestreos y de manera general los materiales conformaron tres grupos. En la Figura 4 se muestra que los materiales 2, 13, 16, 19, 22, 27, 28 y 34 siempre alcanzaron la menor altura sin diferencias estadísticas entre ellos. Para este indicador los materiales 9, 12, 14, 26, 30 y 32 tuvieron un comportamiento intermedio y mostraron diferencias entre

ellos a los 120 días de crecimiento. Los materiales 29 y 24 fueron los de mayor altura y a 150 días de crecimiento no fueron diferentes de los materiales 6, 7, 10, 11, 17, 20 y 23.

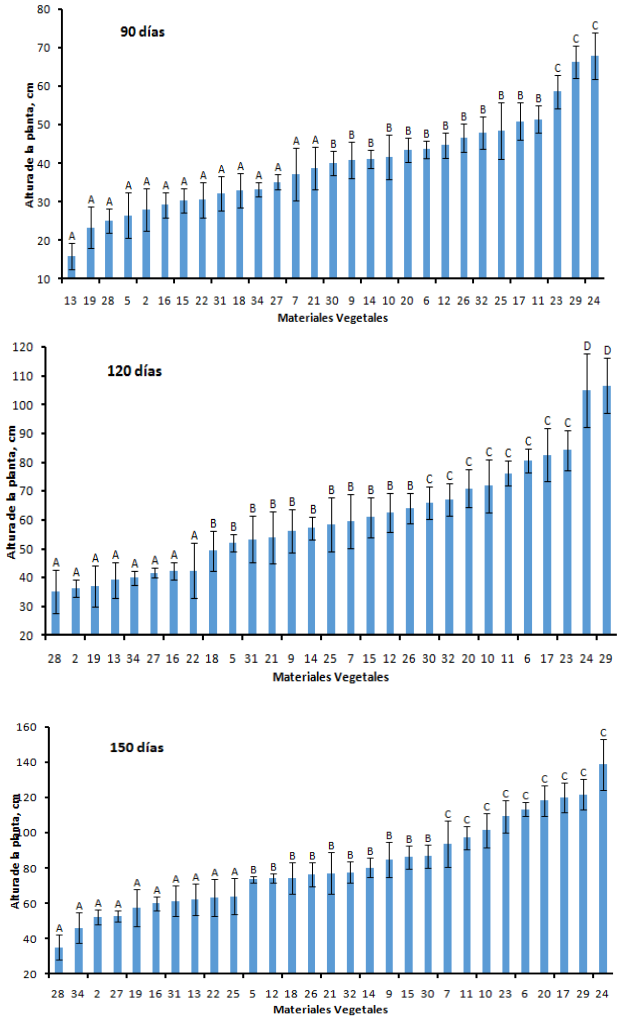


Figura 4. Altura (cm) de materiales de *Tithonia diversifolia* colectados en el estado Chiapas México a diferentes momentos de crecimiento.

El número de rebrote por planta varió entre 1 y 13 para los materiales estudiados y durante los primeros 120 días de crecimiento de las plantas, el análisis de conglomerados, permitió agrupar los materiales vegetales en tres grupos. A 150 días de crecimiento este análisis agrupó los materiales en cuatro grupos. El material 34 conformó un grupo con la mayor cantidad de rebrotes (13, 12 y 12) a 90, 120 y 150 días de crecimiento, respectivamente. En este grupo, además, se agruparon los materiales 25 y 12 en los primeros 90 días de crecimiento y el material 25 hasta los 120 días. En el grupo con menor cantidad de rebrotes por planta siempre estuvieron los materiales 2 y 30.

En todos los momentos de muestreos el número de hojas por planta fue el indicador que mostró mayor variabilidad entre los materiales vegetales colectados (Figura 5). A 90 días de crecimiento este indicador permitió agrupar los materiales de *T. diversifolia* en cuatro grupos; el material 25 conformó el grupo de mayor número de hojas (95). Con 120 días de crecimiento el mayor número de hojas correspondió a los materiales 5, 6 y 24 y 11, 14, 25 y 29 que conformaron dos grupos con valores de 93,46 y 70,8, respectivamente. Los materiales antes mencionados conformaron el grupo de mayor número de hojas (85,55) a los 150 días de crecimiento.

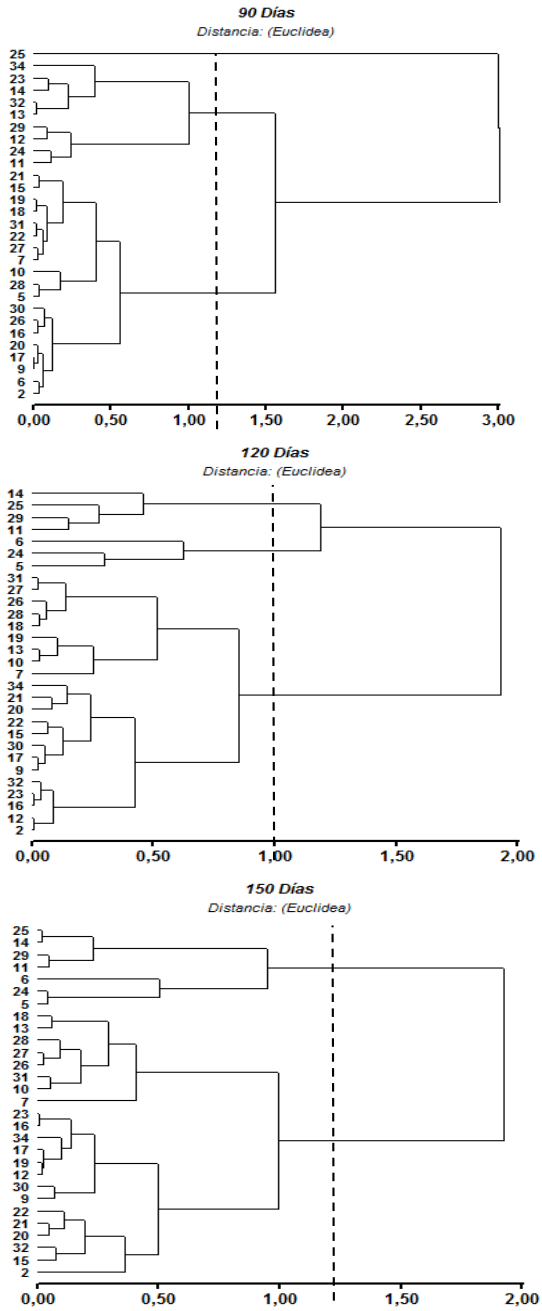


Figura 5. Agrupamiento de materiales vegetales de *Tithonia diversifolia* colectados en el estado de Chiapas, México en diferentes momentos de según el número de hojas por planta.

La producción de materia verde por planta en todos los materiales fue superior a 3 kg a los 150 días de crecimiento. Los materiales 14 y 24 conformaron el grupo con mayor producción de materia verde por planta (10.29 kg) seguido por los materiales 5 y 23 con 7.27 kg de materia verde. El resto de los materiales conformaron un tercer grupo con una producción promedio de materia verde por planta de 3,12 kg.

Conclusiones

La colecta mostró la capacidad de adaptación de *T. diversifolia* a diferentes condiciones de ambiente y altitudes en el estado de Chiapas, México.

La propagación de siete materiales colectados puede realizarse mediante semilla gámica y agámica. Los porcentajes de germinación e índice de velocidad de emergencia evidencian la necesidad de profundizar en la producción de semilla botánica. Solo cinco materiales no consiguieron reproducción vegetativa.

Las variables morfológicas y productivas evidenciaron variabilidad entre los materiales y posibilitaron conformar tres grupos de materiales vegetales los cuales pueden introducirse en diferentes alternativas para la producción animal.

El procedimiento de colecta, evaluación y análisis estadístico empleado pueden constituir una herramienta válida en la evaluación de germoplasma con potencial para su uso en sistemas ganaderos.

Referencias

Alcorcés, N.A., Lárez, R.A., Mayz, F.J., 2007. Additions to the cytogenetic knowledge of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray (Asteraceae). Acta Bot. Venez. 30 (2):267-275. ISSN 0084-5906

Alonso, J., Ruiz, T.E., 2017. Implementación y uso de *Tithonia diversifolia* en sistemas de pastoreo. En: Chará J; Peri P; Rivera J; Murgueitio E and Castaño K (Eds.), Sistemas Silvopastoriles. Aporte a los objetivos de desarrollo sostenible. CIPAV. Cali, Colombia, pp. 488.

Del Val, R., Miranda, J. M., Flores, M.X., Gómez, J. M., Solorio, B., Solorio, F.J., González, S., 2017. Diversidad genética de *Tithonia diversifolia* (Hemsl) Gray de Michoacán: Análisis con marcadores de ADN-SSR. Reaxion: Ciencia y tecnología universitaria 4 (3): 9–14.

Duncan, D.B., 1955. Multiple range and multiple F tests. Biometrics, 11, 1–42.

Flores, A., Castro, M., Daza, A., Garro, R., Gutiérrez, M. de J., Reyes, J.D., Solares, V. E., 2006. Suelos. In El medio ambiente en México 2005: En resumen (SNIARN). México. Retrieved from http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_resumen/pdf/3_info_resumen.pdf

González-Castillo, J.C., Hahn Von-Hessberg, C.M., Narváez-Solarte, W., 2014. Características Botánicas de *Tithonia diversifolia* (asterales: asteraCeae) y su uso en la alimentación animal. Boletín Científico Centro de Museos, 18(2), 45–58.

Gordon, A.I.O., 2009. Influencia de las fases lunares (menguante y luna llena) sobre la propagación vegetativa del Botón de Oro *Tithonia diversifolia*. Escuela Politécnica del Ejército. Retrieved from https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2600/8/T-ESPE-IASA I-004190.pdf

Holguín, V.A., Ortíz, S., Velasco, A., Mora, J., 2015. Evaluación multicriterio de 44 introducciones de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray en Candelaria, Valle del Cauca. Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia 62(2): 57-72.

Lourenco, J.N., Matos, A. de O., Meirelles, A.C., Siilva, R.L., Lourenco, F. de S., 2015. Estudos preliminares sobre a propagação vegetativa de *Tithonia diversifolia* Preliminary. Cadernos de Agroecología, 10(3).

Machado, R., Roche, R., Toral, O., González, E., 1999. Metodología para la colecta, conservación y caracterización de especies herbáceas, arbóreas y arbustivas útiles para la ganadería To cite this version: HAL Id: hal-01190065. Pastos Y Forrajes, 22(3), 181–204.

Maguire, J.D., 1962. Speed of Germination—Aid in Selection and Evaluation for Seedling Emergence and Vigor1. Crop Science, 2(2), 176.

Mahecha, L., Angulo, J., 2017. Experiencia investigativa sobre *Tithonia diversifolia*. Universidad de Antioquia. En J. Chará, P. Peri, & J. Rivera (Eds.), Sistemas Silvopastoriles. Aporte a los objetivos de desarrollo sostenible. Cali, Colombia, pp. 486.

Mahecha, L., Rosales, M., 2005. Valor nutricional del follaje de Botón de Oro (*Tithonia diversifolia* [Hemsl]. Gray) en la producción animal en el trópico. Livestock Research for Rural Development, 17(9).

Medina, M.G., García, D.E., González, M.E., Cova, L.J., Moratinos, P., 2009. Variables morfo-estructurales y de calidad de la biomasa de *Tithonia diversifolia* en la etapa inicial de crecimiento. *Zootecnia Trop*. 27 (2):121-134.

Padilla, C., Rodríguez, I., Ruiz, T. E., Herrera, M., 2018. Determination of the best time to harvest seeds of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) gray. Livestock Research for Rural Development, 30(4).

Peters, M., Franco, L.H., Schmidt, A., Hincapié, B., 2003. Especies Forrajeras Multipropósito: Opciones para productores de Centroamérica. (M. Peters, L. H. Franco, A. Schmidt, & B. Hincapié, (Eds.), Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical.

Ribeiro, R. S.; Sacramento J. P.; Calsavara L.H.F.; Freitas, D. S.; Delarota, G. D.; Minighin D.C.; Silveira S.R.; Pereira L.G.R.; Maurício R.M. 2017. *Tithonia diversifolia* para la alimentación de ganado lechero en Brasil. En: Chará J; Peri P; Rivera J; Murgueitio E and Castaño K (Eds.), Sistemas Silvopastoriles. Aporte a los objetivos de desarrollo sostenible. CIPAV. Cali, Colombia. p. 406.

Rivera, J.E., Chará, J.D., Barahona, R., 2016. Life cycle assessment for the production of cattle milk in an intensive silvopastoral system and a conventional system in Colombia. Tropical and Subtropical Agroecosystems 19: 237-251,

Rivera, J., Lopera, J., Chará, J., Gómez-Leyva, J., Barahona, R., Murgueitio, E., 2019. Genetic and morphological diversity of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray for use in silvopastoral systems of Latin America.

Rodríguez, I., Padilla, C., Ojeda, M., 2019. Características de la germinación de la semilla gámica de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray y su comportamiento en condiciones de vivero. Livestock Research for Rural Development. Volume 31(5).

Ruiz, T.E., Alonso, J., Febles, G., Galindo, J., Savón, L., Chongo, B., Martínez, Y., La O, O., Gutiérrez, D., Torres, V., Scull, I., Cino, D.M., Crespo, G., Mora, L., Valenciaga, N., Padilla, C., Rodríguez, B., Muir, I., Rivero, A., Hernández, N., 2017. Evaluación de materiales recolectados de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray en Cuba. In: Chará J; Peri P; Rivera J; Murgueitio E and Castaño K(Eds.), Sistemas Silvopastoriles. Aporte a los objetivos de desarrollo sostenible. CIPAV. Cali, Colombia, pp. 486.

Saavedra, S., 2016. Fenología y fisiología de semillas de botón de oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray. Univ. Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agrarias. Maestría en Ciencias Agrarias. Medellín, Colombia.

Shapiro, S.S., Wilk, M.B., 1965. Biometrika Trust an Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). Biometrika, 52(34), 591–611. Retrieved from http://www.jstor.org/stable/2333709

Santos-Gally, R., Muñoz, M., Franco, G., 2019. Efecto de la latencia sobre la germinación de *Tithonia diversifolia* (Asteraceae). X Congreso Internacional de sistemas silvopastoriles por una producción sostenible. Libro de Actas. EDITORES: Julián Rivera, Pablo Peri, Julián Char, Maura Díaz, Luis Colcombet, Enrique Murgueitio. ISBN: 978-958-9386-91-0. 2019. Editorial CIPAV.pag.420.

Santos-Gally, R., Muñoz, M., Franco, G., 2020. Fruit heteromorphism and germination success in the perennial shrub *Tithonia diversifolia* (Asteraceae). Flora Volume 271,

Toral, O., Navarro, M., Reino, J., 2015. Prospection and collection of species of interest for livestock production in two Cuban provinces. Pastos Y Forrajes, 38(3), 220–225.

Uribe, F., Giraldo, J., Mejía, C., Solarte, L., & Alfaro, C.J., 2017. Experiencias con sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) con Botón de Oro en el proyecto Ganadería Colombiana Sostenible. In J. Chará, P. Peri, & J. Rivera (Eds.), Sistemas Silvopastoriles. Aporte a los objetivos de desarrollo sostenible (p. 486). Cali, Colombia.

Dinámica de la producción de forraje en *Sambucus peruviana* como arbustiva forrajera en sistemas de producción ganadera del trópico alto colombiano

Dynamics of forage production in *Sambucus peruviana* as a shrubby forage in livestock production systems of the Colombian high tropics

JC Benavides Cruz[1], Zoot. MSc; AM Sierra Alarcon[1], Zoot; OL Mayorga Mogollón[1], Chem, MSc, PhD

[1]Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-Agrosavia.
Centro de Investigación Tibaitata. Km 14, vía Mosquera – Bogotá, Mosquera – Cundinamarca, Colombia
Código Postal 250047 Teléfono - Fax: (+57 1) 4227300
jbenavidez@agrosavia.co *(https://orcid.org/0000-0003-1293-8242);
asierraa@agrosavia.co (https://orcid.org/0000-0001-6725-2526);
lmayorga@agrosavia.co (https://orcid.org/
0000-0001-7872-6109

Resumen

El objetivo del estudio fue evaluar la productividad y calidad nutricional de la arbustiva forrajera Tilo (*Sambucus peruviana*) en fincas de producción ganadera con sistemas silvopastoriles del trópico alto colombiano. La investigación fue realizada en cuatro fincas ubicadas en la Microrregión de la Sabana de Bogotá y el Valle de Ubaté y Chiquinquirá. Se evaluaron ocho edades de rebrote a los14, 28, 42, 56, 70, 84, 98 y 112 días, para dos temporadas (lluvia y seca). Se seleccionaron en cada una de las fincas el 10% de arbustos forrajeros *S. peruviana* para su medición. Se evaluó la producción de forraje verde, producción de forraje seco y calidad composicional por NIRS, para materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra en detergente neutro (FDN), fibra en detergente ácido (FDA) y energía metabolizable (EM). Para el análisis de las variables evaluadas, se utilizó un diseño completo al azar, a través del procedimiento GLM del paquete estadístico SAS. Se encontró un alto valor nutricional en cuanto al aporte de proteína cruda y FDN; la proteína cruda (PC), para el día 28 fue de 31,10 % y el mínimo fue de 20,00, para el día 112, con diferencias estadísticas significativas ($p<0.05$); la máxima producción de forraje seco se encontró en el día 112 de muestreo. El *S. peruviana,* se evidencia como una especia arbustiva forrajera promisoria y como alternativa para nutrición en los sistemas ganaderos de trópico alto, ya que contiene un alto valor de proteína cruda y bajas cantidades de fibra, favoreciendo el consumo y la digestibilidad.

Palabras Claves: *Forrajes, sistemas de alimentación, NIRS, sistemas silvopastoriles*.

Abstract

The objective of the study was to evaluate the productivity and nutritional quality of the Tilo forage shrub (*Sambucus peruviana*) in cattle production farms with silvopastoral systems of the Colombian high tropic. The research was carried out in four farms located in the Microregion of La Sabana de Bogotá and the Ubate Valley and Chiquinquira. Eight regrowth ages were evaluated at 14, 28, 42, 56, 70, 84, 98 and 112 days, for two seasons (rain and dry). In each of the farms, 10% of *S. peruviana* forage shrubs were selected for their measurement. Green forage production, dry forage production and compositional quality were evaluated by NIRS, for dry matter (DM), crude protein (PC), fiber in neutral detergent (NDF), fiber in acid detergent (ADF) and metabolizable energy (EM). For the analysis of the variables evaluated, a complete random design was used, through the GLM procedure of the SAS statistical package. A high nutritional value was found in terms of the contribution of crude protein and NDF; crude protein (CP), for day 28 was 31.10% and the minimum was 20.00, for day 112, with significant statistical differences ($p < 0.05$); The maximum production of dry forage was found on day 112 of sampling. *S. peruviana*, is evidenced as a promising arboreal forage species and as an alternative for nutrition in high tropical cattle systems, since it contains a high value of crude protein and low amounts of fiber, favoring consumption and digestibility.

Key words: *Forages, feeding systems, NIRS, silvopastoral systems*.

Introducción

Los sistemas silvopastoriles se presentan como una alternativa a mediano y largo plazo, pues se convierten en sistemas productivos más sostenibles tanto biológica como económicamente. Los árboles en las pasturas no solo ofrecen forraje de buena calidad, sino que pueden ser utilizados como barreras rompe vientos, controlan la erosión y mejoran la fertilidad de los suelos. También pueden proporcionar leña, madera y frutos que pueden brindarle al productor una mayor estabilidad económica (Gil *et al.,* 2005).

La incorporación de árboles y arbustos es considerada como una alternativa de producción sustentable, mejorando las condiciones físicas y biológicas del suelo, beneficiando la captura de Carbono, reduciendo el uso de fertilizantes y agroquímicos, recuperando praderas degradadas, además son considerados una fuente de alimento que aportan en la nutrición para los animales, con un alto valor nutritivo, contribuyendo así al mejoramiento de la productividad animal (Cajas *et al*., 2008).

El desarrollo y estudio de los sistemas silvopastoriles en el trópico bajo es considerado de mayor avance (Cardenas *et al.,* 2011), en relación con los sistemas silvopastoriles de trópico alto, donde las especies arbóreas presentan un lento crecimiento debido a las condiciones agro climáticas, por lo cual es necesario evaluar especies arbustivas que tengan un buen comportamiento en esta zona como lo es el Tilo (*Sambucus peruviana*), el cuál sobresale por su resistencia a las heladas y su rápido rebrote después del corte, lo que la hace una planta de gran valor y disponible en periodos de escasez (Calle *et al*., 2009). Por esta razón el objetivo de este trabajo fue evaluar la producción de forraje y la calidad composicional del Tilo (*Sambucus peruviana*) en diferentes edades de rebrote como estrategia de manejo y oferta para la alimentación de la ganadería en el trópico alto colombiano.

Materiales y métodos

El trabajo de investigación fue realizado en cuatro fincas con sistemas de producción de ganadería de leche del trópico alto colombiano, ubicadas en la Microrregión de la Sabana de Bogotá y el Valle de Ubaté y Chiquinquirá. Tres de ellas localizadas en el municipio de Saboya (Boyacá) a una altura de 2800 msnm, con una precipitación promedio de 1200 mm al año y una temperatura promedio de 14°C y la finca restante en el Centro de investigación Tibaitata, localizado en el municipio de Mosquera (Cundinamarca) a una altura de 2550 msnm, una precipitación de 700 mm promedio anual, con una temperatura de 14°C.

La evaluación se realizo en un arreglo silvopastoril de franjas de pastoreo con sistemas silvopastoriles en alta densidad en setos forrajeros en doble línea conformado por la especie arbustiva forrajera Tilo (*Sambucus peruviana*), sembrados a una distancia de 0.7 m entre arbustos y 2 m entre líneas para una densidad de 1500 arbustos por hectárea. En la línea central se establecieron arboles maderables de Aliso (*Alnus acuminata*), a una distancia de 3 m entre árboles, para una densidad de 150 árboles de esta especie por hectárea; entre franjas de pastoreo se dejó 20 m de distancia donde se encontró como base forrajera el pasto Kikuyo (*Cenchrus clandestinus*). En el momento de la evaluación el sistema contaba con 2 años de establecido.

Las mediciones fueron realizadas en dos temporadas (lluvia y seca), en cada una, se evaluaron ocho edades de rebrote (14, 28, 42, 56, 70, 84, 98 y 112 días). Teniendo en cuenta el número de arbustos de Tilo (*Sambucus peruviana)* en cada finca, se tomó el 10% de arbustos para su medición. Los arbustos forrajeros fueron sometidos a un corte de uniformización o poda a 0.80 m, en cada una de las temporadas evaluadas. Se seleccionaron al azar 16 plantas de tilo por franja, donde en cada edad de rebrote se evaluaron 2 arbustos por franja seleccionada. Se evaluó la producción de forraje verde,

producción de forraje seco y calidad composicional representados en materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra en detergente neutro (FDN), fibra en detergente ácido (FDA), cenizas (CEN), extracto etéreo (EE), nutrientes digestibles totales (TDN) esta determinación se realizó por NIRS además se estimó la energía metabolizable (EM).

Para el análisis de las variables evaluadas, se utilizó un diseño completo al azar, a través del procedimiento GLM del paquete estadístico SAS. Las medias fueron comparadas utilizando la prueba de Tukey con una significancia de 5%.

Resultados y discusión

Se encontró que la máxima producción de forraje verde/ha (PFV), fue en el día 112 (muestreo número 8), de igual manera la máxima producción de forraje seco/ha (PMS), fue para esta edad de rebrote, con una materia seca (MS) de 18,44%. Se observa en la tabla 1, que existe un efecto significativo de la edad de rebrote sobre las variables evaluadas; en PMS se encontró diferencias significativas ($p<0.05$) entre el 14 y 112 días de rebrote, siendo de 2,24 y 118,8 kg por hectárea respectivamente; el porcentaje de MS está de acuerdo a la mínima para día 14 con 8,50 y la máxima el día 112 con 18,44, coincidiendo con la producción de materia seca; no obstante se encontró que la MS esta de menor a mayor según los días de rebrote, a mayor número de edad mayor contenido de MS.

Para la calidad nutricional de la arbustiva forrajera tilo (*Sambucus peruviana*), la proteína cruda (PC), para el día 28 se encontró el máximo porcentaje que fue de 31,10 y el mínimo fue de 20,00% para el día 112, con diferencias estadísticas significativas ($p<0.05$); en cuanto a la fibra detergente neutra (FDN), el porcentaje máximo se observó en el día 112 de edad de rebrote, siendo el día 42 con 26,63% el mínimo. Para TDN (nutrientes digestibles totales), la mayor acumulación se encontró en el día 28 de edad de rebrote y el mínimo para el día 112, con diferencias estadísticas significativas ($p<0,05$); en cuanto a la energía metabolizable (EM), se encontró que el máximo estuvo en el día 28 de rebrote con 2,68 Mcal/kg MS y la mínima para el día 112 con 2,39 Mcal/kg MS, con diferencias significativas.

Tabla 1. Producción y calidad de tilo (*Sambucus peruviana*) en edad de rebrote

Variable	Edades de rebrote																P<
	14		28		42		56		70		84		98		112		
PFV (Kg/ha)	29,00	b	78,50	b	173,3	ab	324,5	ab	479,4	ab	409,5	ab	520,1	ab	644,9	a	0,0104
PMS (Kg/ha)	2,24	c	10,13	bc	22,77	bc	46,58	abc	69,28	abc	62,00	abc	83,21	ab	111,8	a	0,0007
MS (%)	8,50	e	12,72	d	13,87	cd	14,85	bcd	14,92	bc	16,93	ab	17,28	a	18,44	a	0.0001
PC (%)	28,65	ab	31,10	a	29,07	ab	27,05	bc	24,47	c	21,43	d	21,63	d	20,00	d	0,0001
FDN (%)	30,15	a	27,03	bc	26,63	c	27,30	bc	29,65	ab	30,33	a	30,08	a	32,36	a	0,0001
FDA (%)	11,28	a	10,22	ab	9,35	ab	8,43	b	10,13	ab	10,09	ab	9,46	ab	9,38	ab	0,0200
TDN (%)	72,19	b	74,32	a	73,07	ab	71,84	b	69,44	c	67,21	d	67,54	c	66,35	d	0,0001
EM (Mcal/Kg)	2,61	b	2,68	a	2,64	ab	2,59	b	2,50	c	2,43	d	2,44	cd	2,39	d	0,0001

Letras diferentes indican diferencias estadísticas entre edades de muestreo P≤0,05. PFV: Producción forraje verde, PMS: Producción materia seca, MS: Materia seca, PC: Proteína cruda, FDN: Fibra detergente neutra, FDA: Fibra detergente acida, TDN: Nutrientes digestibles totales, EM: Energía metabolizable

El mayor valor nutricional del Tilo (*Sambucus peruviana*) en PC, FDN, TDN y EM, se encontró para este ensayo entre los 28 y 42 días de edad de rebrote, después de podas de homogenización a 80 cm; sin embargo, este disminuye a mayor edad de rebrote, donde, a los 112 días se reportó los menores valores, no obstante, a esta edad se encontró la máxima producción de forraje verde y seco por hectárea, a mayor edad de rebrote menor calidad nutricional, pero, mayor producción de forraje. En general se encontró que el Tilo en este estudio cuenta con un alto valor nutricional que sirve como estrategia en la alimentación de bovinos; según lo reportado por Cuesta *et al.,* (2008), la calidad nutricional del Sauco (*Sambucus nigra*) en la localidad de Usme, presento valores nutricionales que se destacan, como es el caso de la proteína total con un porcentaje de 17,28, que permite evidenciar el potencial uso del sauco como alternativa forrajera. De acuerdo a estudios realizados por Jaramillo y Jiménez (2000) y Apráez *et al*. (2012), en el forraje de *S. nigra* se ha encontrado, composición y contenidos importantes de nutrientes para la suplementación animal, tales como: materia seca desde 14,1-19,6%, materia orgánica 88,9 - 89,8%, fibra detergente neutro (FDN) de 19,4 y 23,4%; fibra detergente ácido (FDA) de 15,8 y 17,28 %, proteína cruda desde 21,1-23.8%; extracto etéreo desde 1.9-5.2 %; cenizas desde 11,1-12.1%; calcio desde 0,91-1,90%, magnesio desde 0,61-0,78%.

Para la PC, se encontró en el día 98 de edad de rebrote un porcentaje de 21,63; los resultados de este estudio son similares a los reportados por Apráez *et al.,* (2012), en la cual a los tres meses de rebrote se encontró una proteína de 21,10%. Se encontró valores de 27,03 y 27,30% en los días 28 y 56 respectivamente para la FDN; estos valores se encuentran por debajo de lo reportado por Barreto y Chamorro (datos sin publicar) en el día 40 cuyo porcentaje fue de 35,9 y al día 60 de 30,2 respectivamente. Los bajos niveles

de FDN y FDA del tilo no afectan el consumo de materia seca y se relacionan con la elevada digestibilidad en el rumen.

Producción y calidad nutricional de tilo (*Sambucus peruviana*) por temporada. Se observa en la tabla 2, un efecto significativo entre temporadas para las variables PC, FDA, TDN, y EM; se encontró que la PMS fue de 66,34 Kg/ha para la temporada de lluvias, superior que la temporada seca que fue de 53,20, sin embargo no existe diferencias estadísticas significativas ($p>0.05$); para PC se encontró diferencias significativas ($p<0.05$) entre temporadas, donde, el mayor contenido fue en las lluvias en 1,06% que en la seca, de igual manera la FDA fue inferior en la temporada de lluvias, además los TDN y la EM con diferencias significativas ($p<0.05$), fueron mayores en la temporada de lluvias; estos resultados están de acuerdo con las condiciones de mayor precipitación donde la disponibilidad de forrajes aumenta, el forraje en este caso de Tilo es de mayor digestibilidad y contenido de nutrientes.

Tabla 2. Producción y calidad nutricional de tilo (*Sambucus peruviana*) temporada

Variable	Temporada				P<
	Lluvia		Sequía		
PFV (Kg/ha)	423,33	a	343,24	a	0,2705
PMS (Kg/ha)	66,34	a	53,20	a	0,2628
MS (%)	15,66	a	15,30	a	0,2759
PC (%)	25,40	a	24,34	b	0,0096
FDN (%)	29,11	a	29,24	a	0,7436
FDA (%)	9,17	b	9,93	a	0,0147
TDN (%)	70,44	a	69,40	b	0,0014
EM (Mcal/Kg)	2,54	a	2,50	b	0,0017

Letras diferentes indican diferencias estadísticas entre temporadas P≤0,05. PFV: Producción forraje verde, PMS: Producción materia seca, MS: Materia seca, PC: Proteína cruda, FDN: Fibra detergente neutra, FDA: Fibra detergente acida, TDN: Nutrientes digestibles totales, EM: Energía metabolizable

La calidad nutricional y producción de forrajes del Tilo (*Sambucus peruviana*), es el resultado de los promedios de las edades al respecto el contenido de PC en el Tilo estuvo por encima del 24% independientemente de la temporada; según (Calle *et al.,* 2009), el valor nutricional del Sauco se destaca por su alto contenido de proteína cruda con un promedio de 23 a 25%. Además, posee bajos niveles de FDN y FDA lo cual supone un buen consumo y digestibilidad. El contenido de FDN fue de 29,11 y 29,24 para temporada de lluvia y seca respectivamente; Carvajal *et al.,* 2012, sin referenciar temporada, reporta 37,4 de FDN para el Sauco (*Sambucus nigra*) e indica que estos valores potencializan la alimentación animal.

Conclusiones

Los resultados de composición nutricional del tilo (*Sambucus peruviana*), lo evidencia como una especia arbustiva forrajera promisoria y como alternativa para nutrición en los sistemas ganaderos de trópico alto, ya que contiene un alto valor de proteína cruda y bajas cantidades de fibra, favoreciendo el consumo y la digestibilidad.

La producción de biomasa del tilo (*Sambucus peruviana*) es constante por cada edad de rebrote, sin poderse evidenciar en este ensayo un descenso significativo en esta. Sin embargo, en este estudio se registró a los 112 días la mayor producción de forraje verde y producción de forraje seco.

Agradecimientos

Proyecto “Estrategias para mejorar la competitividad y sostenibilidad de los sistemas de producción de leche y/o carne en la Región Andina” financiado el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - MADR. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - Agrosavia. CI Tibaitata, Km 14 Vía Mosquera, Cundinamarca, Colombia.

Bibliografía

Apráez, J. E., Delgado, J. M. y Narváez, J. P. 2012. Composición nutricional, degradación in vitro y potencial de producción de gas, de herbáceas, arbóreas y arbustivas encontradas en el trópico alto de Nariño. Livestock Research for Rural Development, 24.

Barreto, C.; Chamorro, D. Evaluación de frecuencias de corte en la Producción y calidad de Sambucus nigra H.B.K. CORPOICA - UDCA. Datos sin publicar.

Cajas Y, Pansa B, Martínez J, Sánchez C, Bedoya A. 2008. Sistemas silvopastoriles. Ministerio de agricultura y desarrollo rural. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Corpoica. Montería, Córdoba.

Calle, Z., Naranjo, J.F., Murgueitio, E. 2009. El tilo: Puerta de entrada a los silvopastoriles en el trópico alto. Carta Fedegan. (110). 118-128.

Cárdenas, C.; Rocha, C.; Mora J. 2011. Productividad y preferencia de forraje de vacas lecheras pastoreando un sistema silvopastoril intensivo de la zona alto Andina de Roncesvalles, Tolima. Revista Colombiana de Ciencia Animal, Vol. (4, N.º. 1).

Carvajal, T., Lamela, L., Cuesta, A. 2012. Evaluación de las arbóreas *Sambucus nigra* y *Acacia decurrens* como suplemento para vacas lecheras en la Sabana de Bogotá, Colombia Pastos y Forrajes 2012, 35 (Octubre Diciembre).

Cuesta, A. 2008. Calidad nutritiva de ensilaje, heno y harina de sauco en la localidad de Usme. Proyecto alternativas silvopastoriles como estrategia de manejo sostenible de praderas. Artículo en edición.

Gil, J., Espinoza, Y., Obispo, N. 2005. Relaciones Suelo - planta - animal en sistemas silvopastoriles. Revista Digital del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias.

Jaramillo, Y.; Jiménez, J. 2000. Evaluación Nutricional de tres Especies de Árboles Forrajeros en la Alimentación de vacas Holstein en el Trópico Alto de Nariño. Tesis de pregrado. Facultad de Ciencias Pecuarias Programa de Zootecnia Universidad de Nariño. Pasto, Colombia.168 p.

Millán, H., Moreno, F.W., 2005. Evaluación agronómica de arbóreas multipropósito en la Sabana de Bogotá. Tesis de Zootecnista. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Colombia.

Crecimiento, diversidad genética, morfometría y fenología del yopo (*Mimosa trianae* Benth) en el Piedemonte orinocense y el Valle del Cauca, Colombia

Growth, genetic diversity, morphometry and phenology of *Mimosa trianae* Benth in the Orinoco foothills and Valle del Cauca, Colombia

A. Giraldo Sánchez[1]; Z. Calle Díaz[1]; J.E. Muñoz Florez[2]; P.A. Rugeles Silva[2]

[1] Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria- CIPAV, Cra 25 # 6-62 Cali, Colombia. [2] Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira.
adrimagi@fun.cipav.org.co

El yopo pelú *Mimosa trianae* Benth es un árbol multipropósito de la familia Fabaceae, endémico del piedemonte Orinocense de Colombia, con varios usos (sombra, madera, fijación de nitrógeno) en la ganadería silvopastoril. La demanda de leña ha generado una fuerte presión sobre las poblaciones naturales de esta especie. Este estudio se llevó a cabo en una población silvestre en el municipio de Medina (Cundinamarca) y en cercas vivas en Cubarral (Meta) y El Cerrito (Valle del Cauca), Colombia. Con el fin de contribuir al conocimiento de este recurso genético forestal, la investigación se enfocó en los siguientes objetivos: 1. Evaluar el crecimiento y sobrevivencia en cercas vivas, 2. Caracterizar la diversidad genética, 3. Describir la morfométría, 4. Analizar los patrones fenológicos y su relación con el fotoperiodo, la precipitación, y la fecundidad de los árboles. Se hicieron evaluaciones semestrales de la altura, diámetro, amplitud de la copa y sobrevivencia, y observaciones quincenales o mensuales de la fenología en 115 árboles de las tres localidades. Para el análisis genético se utilizó la técnica RAMs (Random Amplified Microsatellites) y secuenciación. Para la descripción morfométrica se establecieron descriptores para las estructuras foliares y reproductivas. Los r árboles tuvieron un crecimiento anual promedio de 2,20 m de altura y 36 mm de diámetro, y una sobrevivencia promedio de 85%. La varianza molecular (AMOVA) fue de 91% dentro de las poblaciones y sólo 9% entre éstas (P=0.001). La mayor diversidad genética se encontró en la población de Medina (He: 0.181). La estructura genética evidenció que algunos árboles de Cubarral y El Cerrito comparten entre 80 y 98% de los genes. El patrón de reproducción es anual, caracterizado por la sincronía entre individuos. En las tres localidades, la iniciación de la floración coincidió con el descenso en el fotoperíodo y no mostró una relación consistente con las lluvias. La rápida tasa de crecimiento del yopo pelú lo convierte en una opción atractiva para el establecimiento de sistemas agroforestales y silvopastoriles o para la restauración ecológica de áreas degradadas. Este árbol puede competir con varias especies exóticas que han sido promovidas para la producción de madera. Para conservar la variabilidad genética de esta especie, se recomienda recolectar las semillas en rodales naturales y en el mayor número posible de árboles. La información obtenida

sobre la fenología indica que los meses óptimos para la recolección de semillas son febrero-abril, y el periodo adecuado para futuros estudios sobre biología floral y polinización es octubre-enero. *M. trianae* es una especie de alto valor para la conservación, por lo cual su propagación es prioritaria, además la divulgación de información para su manejo adecuado entre los productores e investigadores.

Palabras clave: *restauración ecológica, árbol multipropósito, sistemas agroforestales, sistemas silvopastoriles*.

Yopo pelú (*Mimosa trianae* Benth) is a multipurpose tree of the Fabaceae family, endemic to the Orinoco foothills of Colombia, with several applications (shade, wood, nitrogen fixation) in silvopastoral systems. Firewood demand for has created great pressure on the remaining natural populations of this species. This study was carried out in a wild population in the municipality of Medina (Cundinamarca) and in live fences in Cubarral (Meta) and El Cerrito (Valle del Cauca), Colombia. We aimed to contribute to the knowledge of this forest genetic resource by: 1. Evaluating tree growth and survival in live fences, 2. Characterizing genetic diversity, 3. Describe morphometry, and 4. Analyzing the phenology and fecundity of trees, and their relation to photoperiod and rainfall. Semiannual evaluations of height, diameter, crown width and survival, and biweekly or monthly phenology observations were made in 115 trees at the three locations. Genetic analyses were based on RAMs (Random Amplified Microsatellites) technique and sequencing. Morphometric descriptors were suggested for the tree's foliar and reproductive structures. The trees had an average annual growth of 2.20 m (height) and 36 mm (diameter), and an average survival of 85%. The molecular variance (AMOVA) was 91% within the populations and only 9% between them (P = 0.001). The highest genetic diversity was found in the Medina population (He: 0.181). The genetic structure showed that some trees from Cubarral and El Cerrito share between 80 and 98% of the genes. *Mimosa trianae* has an annual reproductive pattern, characterized by high synchrony between individuals. In the three localities, the initiation of flowering coincided with the decline in photoperiod and did not show a consistent relationship with rainfall. The rapid growth rate of *M. traianae* makes it an attractive option for the agroforestry and silvopastoral systems and for the ecological restoration of degraded areas. This tree can compete with several exotic species that have been promoted for timber production. To conserve the genetic variability of this species, we recommended collecting seeds in natural stands and in as many trees as possible. Our phenology records indicate that february -april are the optimal months for seed collection, and october- january (flowering period) are the ideal months for studying the floral biology and pollination of this species. Given the high conservation value of *M. trianae*, its propagation should be a priority, as well

as the dissemination among producers and researchers of information that supports its sustainable use.

Keywords: *ecological restoration, multipurpose trees, agroforestry systems, silvopastoral systems*.

Variación interanual en la producción de frutos nativos en sistemas silvopastoriles

Interannual variation in the production of native fruits in silvopastoral system

G.N. Bustamante[1]; R. Soler[1], F. Mattenet[2]; M.E. Arena[3]*

[1]*CADIC-CONICET, Bernardo Houssay 200, Ushuaia, 9410, Tierra del Fuego, Argentina.
gime.nb@hotmail.com
[2]"Neurona" productos naturales, Ushuaia, Argentina
[3]Universidad de Morón, Buenos Aires, Argentina

El estudio de la variación interanual en la producción de frutos permite entender los mecanismos de supervivencia de la especie, además de ser fundamental para la toma de decisiones en el manejo del frutal. La alternancia es el fenómeno por el cual las plantas frutales tras un año de mucha producción de frutos, le sigue un año de baja producción. El objetivo del trabajo fue determinar la variabilidad interanual en la producción de frutos de *Berberis microphylla* (calafate), arbusto nativo que produce una baya violácea con gran contenido de antioxidantes y que crece en los sistemas silvopastoriles de los bosques de *Nothofagus antarctica* (ñire) de Tierra del Fuego, Argentina. Para ello se seleccionaron al azar 90 calafates en sitios afectados por fuego y con distinto estado de degradación (severo, moderado y leve, cada uno con tres repeticiones n=30). Se cosecharon y contabilizaron la totalidad de los frutos producidos por cada arbusto durante 4 años consecutivos (2018-2021). Además, se determinó el contenido de los sólidos solubles en los distintos sitios a partir de una muestra compuesta generada por los frutos de los distintos arbustos. Los datos fueron analizados mediante modelos mixtos generalizados y se calculó el coeficiente de variación interanual de la producción de frutos en cada sitio para obtener el índice de alternancia. En los tres sitios se registró un máximo de producción de frutos durante 2019 (en promedio 140±24 frutos/planta), seguido por una reducción drástica en 2020 (en promedio 7±2 frutos/planta) que, a su vez, fue la más baja registrada en las tres situaciones de degradación (severo: $F=28,23$; $p<0,001$; moderado: $F=38,14$; $p<0,001$; leve: $F=26,79$; $p<0,001$). En el 2021, la producción fue similar a la inicial (en promedio 63±24 frutos/planta). No se detectaron diferencias significativas en el coeficiente de variación entre los tres sitios ($F=0,96$; $p=0,385$), encontrando en las plantas una alternancia promedio del 63,3%. Respecto a los sólidos solubles, el valor más bajo se observó en el 2020 en los tres sitios (en promedio 15,9±0,6 °Brix), hecho que coincide con el año de menor producción. Mientras que el valor más alto en los sitios de degradación severo y leve se observó al año siguiente (2021) (27,9±0,5 °Brix y 21,9±0,4 °Brix, respectivamente) (severo: $F=89,91$; $p<0,001$; leve: $F=24,54$; $p<0,001$). El sitio en estado degradación moderado presentó el mayor valor en el 2018 (24,6±0,9 °Brix), sin diferenciarse

significativamente del 2021 (F=24,65; p<0,0001). Se concluye que la producción de frutos del calafate presenta una fuerte variabilidad interanual en el área de estudio que podría ser respuesta a un mecanismo de supervivencia para que la especie permanezca en el tiempo. Por otro lado, se evidencia que dicha alternancia en la producción de frutos no se ve modificada por la intensidad de uso silvopastoril y que es necesario relacionar la producción de frutos y los sólidos solubles con las condiciones climáticas de cada año.

Palabras claves: *alternancia, Berberis microphylla, calafate, Nothofagus antárctica, Patagonia.*

The interannual variation study in fruit production allows us to understand the survival mechanisms of the species, as well as being essential for decision-making in fruit management. Alternation is the phenomenon by which fruit plants after a year of high fruit production, is followed by a year of low production. The objective of the work was to determine the interannual variability in the production of *Berberis microphylla* (calafate) fruits, a native shrub that produces a purplish berry with a high content of antioxidants and grows in silvopastoral systems of *Nothofagus antarctica* (ñire) forests of Tierra del Fuego, Argentina. For this, 90 shrubs were randomly selected in sites affected by fire and with different degradation status (severe, moderate and slight, each with three repetitions n=30). All the fruits produced by each shrub were harvested and counted for 4 consecutive years (2018-2021). In addition, the content of soluble solids in the different sites was determined from a composite sample generated by the fruits of the different shrubs. The data were analyzed using generalized mixed models, and the variation coefficient of fruit production was calculated at each site over the years to obtain the alternation index. In the three sites a maximum of fruit production was registered during 2019 (on average 140±24 fruits/plant), followed by a drastic reduction in 2020 (on average 7±2 fruits/plant) which, in turn, was the lowest recorded in the three degradation situations (severe: F=28.23; p<0.001; moderate: F=38.14; p<0.0001; slight: F=26.79; p<0.001). In 2021, the production was similar to the initial one (on average 63±24 fruits/plant). No significant differences were detected in the variation coefficient between the three sites (F=0.96; p=0.385), finding an average alternation of 63.3% in the plants. Regarding soluble solids, the lowest value was observed in 2020 in the three sites (on average 15.9±0.6 °Brix), matching with the year with the lowest production. Meanwhile the highest value in the sites of severe and slight degradation, was observed the following year (2021) (27.9±0.5 °Brix and 21.9±0.4 °Brix, respectively) (severe: F=89.91; p <0.001; slight: F=24.54; p<0.001). The moderate degradation site presented the highest value in 2018 (24.6±0.9 °Brix), without significant differences from 2021 (F=24.65; p<0.001). We concluded that the production of calafate fruits presents a

strong interannual variability in the study area that could be a survival mechanism for the species to remain in time. On the other hand, the alternation in fruit production is not modified by the intensity of silvopastoral use. It is necessary to relate the fruit production and the soluble solids with the climatic conditions of each year.

Keywords: *alternation, Berberis microphylla, calafate, Nothofagus antarctica, Patagonia.*

Caracterización del ambiente y del tapiz vegetal en sistemas silvopastoriles: estudio de caso en el Este de Uruguay

Characterization of the environment and the vegetation cover in silvopastoral systems: a case study in eastern Uruguay

M. A. Delgado del Puerto[1]; A.C. González[2]; M. C. Munka Moreno[2]

[1]Bachiller de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad de la República. Uruguay
[2]Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Uruguay Avda. E. Grazón 780. Montevideo. Uruguay.
mdaigua@hotmail.com

Resumen

El presente trabajo evaluó la utilidad de los sistemas silvopastoriles como amortiguadores de las condiciones extremas, así como la cantidad y calidad de forraje producido bajo dosel. Se realizó en el Este de Uruguay (54º49' W, 34º06' S). El establecimiento contaba con 220 has. forestadas con *Eucalyptus globulus ssp. globulus*, de 9,5 años. El diseño de plantación fue filas dobles con callejones (2 x 2 + 7 m), con una densidad de 714 árb. ha^{-1}. La cobertura y riqueza de especies fueron evaluadas en 8 parcelas en las que se repiten 3 situaciones diferentes: bajo monte, callejón (7 m) y cielo abierto. En los callejones de las parcelas y a cielo abierto, se establecieron jaulas de exclusión móviles para evaluar la producción estacional de forraje ($kgMS.ha^{-1}$). Se registró la temperatura de aire en abrigo meteorológico y en esfera de Vernon (globos negros) en el callejón dentro de monte y a cielo abierto. La transmitancia, se midió con un ceptómetro AccuPAR LP-80, en los mismos puntos donde se analizó composición florística. La riqueza, cobertura y productividad del sotobosque, se ven afectadas por la menor disponibilidad de luz y el porcentaje de hojarasca dentro de monte. La diferencia de temperaturas en los globos negros fue en promedio 7 ºC superior fuera de monte con relación a dentro de monte. El "efecto sombra" que brindan los árboles genera un ambiente más favorable para el ganado, e influye sobre la composición florística y capacidad productiva del sotobosque.

Palabras clave: *composición florística, globo negro, microclima.*

Abstract

The present work evaluated the usefulness of silvopastoral systems as buffers of extreme conditions, as well as the quantity and quality of forage produced under canopy. I know performed in eastern Uruguay (54º49 'W, 34º06' S). The establishment had 220 hectares forested with Eucalyptus globulus ssp.

globulus, 9.5 years old. The plantation layout was rows double with alleys (2 x 2 + 7 m), with a density of 714 trees ha-1. Coverage and wealth of species were evaluated in eight plots in which three different situations are repeated: low mount, alley (7 m) and open sky. In the alleys of the plots and in the open air, established mobile exclusion cages to assess seasonal forage production (kgMS.ha-1). The air temperature was recorded in a meteorological shelter and in the Vernon sphere (black balloons) in the alley inside the mount and in the open sky. The transmittance was measured with an AccuPAR LP-80 ceptometer, at the same points where composition was analyzed floristry. The richness, coverage and productivity of the undergrowth are affected by the lower availability of light and the percentage of litter within the forest. The difference of temperatures in the black globes averaged 7 ºC higher outside the bush with relation to inside mount. The "shadow effect" provided by trees creates an environment more favorable for livestock, and influences the floristic composition and productive capacity understory.

Keywords: floristic composition; black glob; microclimate.

I. Introducción:

El sector agropecuario en países en desarrollo, está sometidos a presiones paradójicas; aumentar la producción del país contribuyendo a su desarrollo, preservando los recursos naturales. Los sistemas integrados de producción agroforestal, representan una alternativa válida para atender las demandas productivas en forma sustentable (FAO, 2010).

Los sistemas agroforestales se definen como una combinación que permite integrar, de forma simultánea o secuencial, en tiempo o espacio, distintos componentes sobre la base de un objetivo común (Budowsky, 1981; Nair, 1989). Dichos sistemas permiten realizar una producción diversificada y sostenida, manteniendo la productividad de los recursos naturales, aumentando la eficiencia de uso del suelo, al combinar en forma apropiada sus componentes (Silveira, 2015). Sin embargo, las complejas interacciones entre los componentes mayores (árboles, pasturas, el ganado y el medio ambiente edafo-climático, entre otros) que son de vital importancia para el funcionamiento del sistema, introducen desafíos y complejidades que no se producen en los sistemas tradicionales de monocultivos (Lin *et al*., 1999).

Estas prácticas de integración de diversos componentes por medio de los sistemas agroforestales han sido adoptadas por los productores en diversas partes del mundo favoreciendo los ingresos del predio, permitiéndole satisfacer necesidades específicas tanto a corto como a mediano plazo incrementando el rendimiento y la eficiencia en el uso de recursos (Silveira, 2015).

Según Navas (2016) si las plantas leñosas interactúan con animales y cultivos forrajeros (pasturas naturales o sembradas) se llama sistema silvopastoril. Cuando se planea un sistema silvopastoril (SSP), la decisión de mayor impacto es la definición de su objetivo productivo, que influye en la cantidad y tipo de producto forestal, dado que, determina la especie arbórea elegida, densidad de plantación y arreglo espacial (Fedrigo *et al*., 2018), así como en las interacciones ecológicas entre sus componentes. Cuando se realiza una producción equilibrada de los mismos, se incrementan los rendimientos y aumenta la eficiencia en el uso de los recursos (Fedrigo *et al*., 2018).

Los sistemas silvopastoriles se caracterizan por ser sistemas heterogéneos, ya que existen diferentes tipos de diseños y formas en las que se puede integrar la producción forestal y ganadera (Boscana *et al*., 2019).

Con respecto a la diversidad y riqueza de pasturas en forestación, la dinámica de las comunidades herbáceas nativas bajo rodales será función de la composición de especies de la comunidad original y el banco de semillas (Silveira *et al*., 2018). El campo natural integrado al componente arbóreo presenta modificaciones estructurales, taxonómicas y químicas. El incremento del nivel de sombreado se asocia a una disminución de la relación C4:C3, del número de familias, géneros y especies botánicas (Silveira, 2015).

Estudios que se realizaron en la región de la Patagonia Argentina sugieren que es necesario mantener una cobertura arbórea igual o inferior al 50% del área para permitir un adecuado desarrollo de las especies herbáceas (Caballé *et al*., 2016). Algo similar afirman Silveira *et al*. (2018) quienes realizaron un estudio de la vegetación bajo rodales de diferentes especies arbóreas, en tres localidades de Uruguay, evaluando la riqueza y diversidad de especies en el sotobosque. En este estudio fueron relevadas 172 especies, llegando a la conclusión de que los mayores valores en el número de familias, géneros y especies se asociaron a ambientes más lumínicos.

La cobertura arbórea genera cambios en la radiación solar, la temperatura, entre otras variables (Fedrigo *et al*., 2018). La radiación solar constituye un recurso crítico para la sustentabilidad productiva del sotobosque (Benítez *et al*., 2019). La radiación de mayor calidad, se encuentra constituida por longitudes de onda de alta efectividad fotosintética (fracción rojo y azul), que es absorbida mayormente por el componente arbóreo, y los espectros luminosos de calidad inferior son los que llegan al estrato herbáceo (Feldhake y Belesky, 2009).

Respecto a la temperatura, las cubiertas vegetales generan una menor amplitud térmica del aire y el suelo (Fedrigo *et al*., 2018). Para registrar los

efectos combinados de la radiación con la temperatura del aire y velocidad del viento, se utilizan diversos instrumentos entre ellos, el globo negro (Bond y Kelly, 1955). Munka *et al*. (2017) registraron que los globos negros expuestos al sol en campo abierto midieron temperaturas superiores en un rango de 6 ºC a 9 ºC respecto a los que permanecieron bajo los montes; la magnitud de la diferencia dependía de la densidad de plantación (626 árb. ha^{-1} vs. 1189 árb. ha^{-1}). Los cambios en el microclima inducido por los árboles, redundan en un mayor confort térmico animal (Macedo Pezzopane *et al*., 2019).

Si bien se han realizado estudios de pasturas nativas en condiciones extensivas y a pleno sol, tanto a nivel nacional como regional, existe muy poca información sobre el comportamiento de dichas pasturas en condiciones de sombra (Silveira 2015; Silveira *et al*., 2018). Es por esta razón que el generar información basándose en un sistema arbóreo diseñado con el fin de producir potenciando las interacciones entre sus componentes, puede ser el punto de partida que permita adaptar dicho sistema a la producción ganadera.

El objetivo general del estudio fue evaluar la utilidad de los sistemas silvopastoriles como amortiguadores de las condiciones ambientales extremas, así como la cantidad y calidad de forraje producido bajo dosel en un rodal adulto al término de su ciclo. Los objetivos específicos fueron caracterizar el ambiente biofísico bajo dosel y en condiciones de cielo abierto, así como describir y analizar la composición florística y producción en ambas situaciones.

II. Materiales y Métodos

El estudio fue realizado en un establecimiento ubicado en el Departamento de Lavalleja, Uruguay (54º49' W, 34º06' S), con 220 has forestadas con *Eucalyptus globulus ssp. globulus*, de 9,5 años. El diseño de plantación fue mediante filas dobles a 2 x 2 m, separadas por 7 m entre ellas, con una densidad de 714 árb. ha^{-1}. El ganado ingresó a pastoreo 6 meses luego de la plantación bajo un sistema de pastoreo rotativo. El período experimental transcurre entre el 14 de marzo de 2018 y el 3 de junio de 2019.

Se definieron 5 parcelas dentro de monte y 3 parcelas a cielo abierto. El tamaño de las parcelas es de 400 m^2. En las parcelas dentro de monte se definen 2 situaciones: entre fila (BM) y callejón (C) de 7 m. Las 3 parcelas a cielo abierto (AFM) se establecieron como control, asignadas basándose en

el grupo de suelo CONEAT[9] que compartían con las parcelas dentro de monte.

Tabla 1. **Identificación de las parcelas**

Parcelas dentro de monte	Parcelas cielo abierto (control)
P1, P2, P3	P0
P4	P4
P5	P5

Desde el borde de la parcela se delimitó una transecta a los 3, 7, 11 y 15 m, sobre las transectas se ubicaron cuadros de 1 m^2 (unidad de muestreo), bajo monte y en el callejón, donde se identificaron las especies y se estimó asignando en forma visual el porcentaje de cobertura. En las parcelas de cielo abierto la ubicación de los cuadros mantuvo el mismo criterio. Los puntos fueron marcados y registrados. En cada situación se ubicaron 4 cuadros de observación de 1m^2.

A nivel de campo, se identificaron las especies presentes en la superficie de un cuadro de 1m^2, se registraron en una planilla de frecuencia, indicando con 1 presencia y con 0 ausencia. La cantidad de cuadros determinados fueron: 20 bajo monte (4 cuadros x 5 parcelas), 20 en el callejón (4 cuadros x 5 parcelas) y 12 a cielo abierto (4 cuadros x 3 parcelas). Estas observaciones se repitieron en dos fechas (otoño y primavera-verano). En total a lo largo del experimento se analizaron: 40 cuadros BM, 40 cuadros en C y 24 cuadros AFM. Variable de análisis: Frecuencia de aparición.

La asignación visual se hizo estimando la superficie cubierta por las principales especies dominantes, hojarasca, suelo desnudo y rocosidad, en las unidades de muestreo. Se realizó una subdivisión del cuadro en 100 partes iguales (“cuadro 1 %”) para establecer los porcentajes menores. A cada cuadro se le sacó fotos para apoyar la identificación a campo. Variable del análisis: Porcentaje de la superficie del cuadro de 1 m^2.

Las especies identificadas se agruparon según familia, tipo vegetativo y ciclo productivo, con el objetivo de brindarle más consistencia al análisis de datos. A las especies que eran únicas representantes de la familia se les asignó la categoría “otras especies”. Los grupos de especies analizados fueron: gramíneas anuales invernales (GAI), gramíneas perennes estivales (GPE), gramíneas perennes invernales (GPI), compuestas anuales invernales (CAI),

[9]El índice CONEAT de un área de Uruguay, refiere a su capacidad productiva, en términos de carne bovina, ovina y lana en pie (Arts. 65-68 de la Ley 13695 del año 1968). La descripción de los grupos CONEAT se realiza definiendo los suelos dominantes y asociados según la Clasificación de Suelos del Uruguay, MGAP, 1976. La nomenclatura de los grupos CONEAT se correlaciona con las Zonas de Uso y Manejo de los Suelos del Uruguay (Comisión de Inversiones y Desarrollo Económico (CIDE), 1967), (MGAP, 2020).

compuestas anuales estivales (CAE), otras anuales invernales (OAI), otras anuales estivales (OAE), otras perennes invernales (OPI), otras perennes estivales (OPE) y otras especies (O).

En los callejones de las parcelas dentro de monte (P2; P3; P4 y P5) y a cielo abierto (P0), se establecieron dos jaulas de exclusión móviles de $1m^2$ de superficie, con el fin de evaluar la producción estacional de forraje ($kgMS.ha^{-1}$). Las muestras fueron procesadas en el laboratorio de la Facultad de Agronomía de la Udelar, en donde se determinó por medio de estufas de aire forzado, en dos etapas de secado y pesado, a 60 ºC y corregido a 105 ºC, el porcentaje de materia seca (% MS). A partir de una submuestra secada a 60 ºC y corregido a 105 ºC, los registros de proteína cruda (% PC), se obtienen por el procedimiento Kjeldahl y los valores de fibra detergente ácido (% FDA) mediante el procedimiento Ankom. Variables: $Kg.ha^{-1}$ de materia seca, proteína cruda (% PC) y fibra detergente ácido (FDA % MO)

La temperatura del aire se registró cada 15 min. Por medio de sensores de temperatura y humedad del aire HOBO-Pendant, ubicados en el abrigo meteorológico de 1,5 m aprox. de alto. Los aportes originados por radiación y convección fueron detectados por una esfera de Vernon, globos negros que cuentan con un sensor i-Buttons en su interior, ubicadas en el callejón de la parcela 2 y a cielo abierto. En el abrigo, el monitoreo se realizó durante las 24 horas del día durante dos períodos estivales consecutivos (agosto de 2017 y junio de 2018, y entre julio de 2018 y junio de 2019), se hizo un análisis descriptivo de los resultados.

Los aportes de radiación solar directa y convección detectados mediante esferas de Vernon, se evaluaron en el período diurno de temperaturas, por lo que se utilizaron los valores registrados entre las 5 y las 21 hs. Variable: temperatura horaria del aire. La transmitancia y el porcentaje de radiación solar interceptada, se midió durante el mediodía con ceptómetro AccuPAR LP-80, sobre el cuadro de $1m^2$, en los mismos tratamientos y puntos, donde se evaluó riqueza y cobertura de especies.

Los análisis estadísticos de las variables del tapiz vegetal y transmitancia, se realizaron mediante el software SAS (statistical analysis software). Los datos de esferas de Vernon fueron analizados mediante modelo SARIMA.

III. Resultados y Discusión

Se identificaron en total 93 especies pertenecientes a 19 familias diferentes, predominando: Poaceae (40 especies), Asteraceae (22 especies) y Verbenaceae (5 especies). Completan la lista las siguientes familias: Malvaceae (3), Amaranthaceae (2), Apiaceae (2), Commelinaceae (2),

Cyperaceae (2), Juncaceae (2), Lythraceae (2), Oxalidaceae (2), Rubiaceae (2); Amaryllidaceae (1), Berberidaceae (1), Convolvulaceae (1), Primulaceae (1), Pteridaceae (1), Sapindaceae (1) y Solanaceae (1).

Frecuencia de especies

En las GAI la mayor frecuencia de *Gaudinia fragilis*, es común de ver en lugares alterados y es más abundante dentro de monte (41 %) que a cielo abierto (25 %). Dentro de GPI sobresalen especies del género *Piptochaetium*, tienen mayor presencia en el tratamiento del callejón (72 %) que afuera de monte (60 %). El grupo de especies GPE, se destacan: *Axonopus affinis*, *Cynodon dactylon*, *Paspalum dilatatum ssp. dilatatum*. *Cynodon dactylon* presente por encima del 90 % de los cuadros, se asocia con su buena adaptación a varias condiciones (Laurencena *et al*., 2009). A su vez, *Axonopus affinis* y *Paspalum dilatatum ssp. dilatatum* aparecen en gran medida tanto AFM y C (96 % a 83 %), disminuyendo BM (53 % a 35 %) coincidiendo con antecedentes (Del Giorgio *et al*., 2019).

Dentro de CAI la especie *Carduus acanthoides*, aparece más del doble de veces en el sotobosque (61 %) que afuera de monte (25 %). En las CAE es *Conyza bonariensis* la especie que aparece con mayor frecuencia (20 %). En tanto entre CPI, *Gamochaeta sp*. aparece con mayor frecuencia (26 %) y *Baccharis trimera* entre las CPE (31 %). En el grupo O, destaca la alta frecuencia de observación de especies como: *Oxalis hispidula* (56 %), *Dichondra microcalyx* (65 %), *Juncus capillaceus* (57 %) y *Eryngium horridum* (31 %). Estas especies se encuentran asociadas con los procesos de sucesión y cambios en la vegetación luego de una perturbación (Pereira Machín, 2013; Boscana *et al*., 2019).

Porcentaje de cobertura

Bajo monte el entramado se encuentra dominado por *Cynodon dactylon* (38 %) especie dominante en donde la riqueza del entramado es menor y hojarasca (20 %), el callejón se cubre con forrajeras, hierbas y compuestas, disminuyendo la hojarasca. La categoría hojarasca baja a la mitad su cobertura de bajo monte al callejón (10 %), lo que se explica por el diseño de plantación. En cielo abierto dominan las forrajeras y hay una mayor diversidad de especies en el tapiz vegetal.

Tabla 2. Porcentaje de cobertura promedio de las especies según tratamiento: afuera de monte (AFM), dentro de monte (BM) y callejón (C).

AFM	BM	C
Cynodon dactylon (25)	*Cynodon dactylon* (38)	*Cynodon dactylon* (21)
Paspalum sp. (12)	Hojarasca (21)	*Piptochaetium sp.* (10)
Axonopus affinis (10)	*Piptochaetium sp.* (5)	Hojarasca (10)
Piptochaetium sp. (5)	*Paspalum sp.* (4)	*Paspalum sp.* (9)
Dichondra microcalyx (5)	*Carduus acanthoides* (4)	*Axonopus affinis* (7)
Juncus sp. (4)	*Baccharis trimera* y *Eryngium horridum* (4)	*Gaudinia fragilis* (5)

Producción de materia seca, proteína cruda y fibra detergente ácida

La producción de materia seca, es tres veces mayor a campo abierto en relación al callejón. Se relaciona con la menor disponibilidad de luz bajo los árboles, que incide sobre la producción óptima del tapiz vegetal. Los valores de PC (%) y FDA (%MO), no presentan diferencias significativas entre los tratamientos.

Tabla 3. Efecto tratamiento sobre producción de materia seca, PC y FDA.

Tratamientos	Materia seca (KgMs/ha)	PC (%)	FDA (% mo)
AFM	2.222.30 ± 158.26 a	12.18 ± 0.99 a	41.29 ± 1.03 a
C	638.84 ± 79.13 b	11.98 ± 1.98 a	38.29 ± 2.07 a

Desvío estándar, ±. Las letras diferentes en un mismo grupo, corresponden a diferencias significativas con p-valor <0.05. AFM, C, afuera de monte, callejones.

Con respecto a la tasa diaria de producción de materia seca, se atenúan los picos de producción de forraje en el callejón.

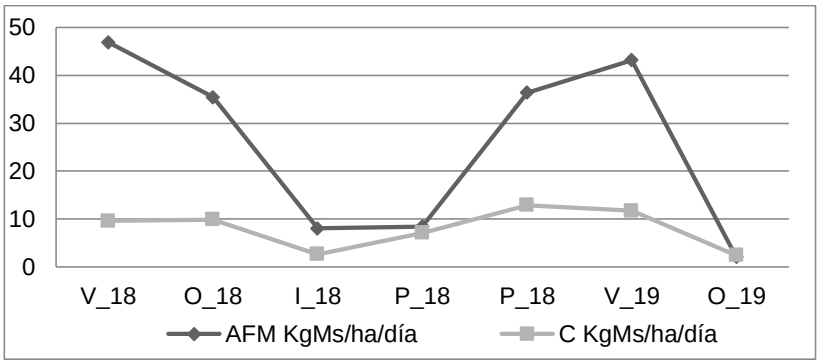


Gráfico 1. Producción promedió diaria de materia seca afuera de monte (AFM), y en callejones (C), en verano 2018 (V_18), otoño 2018 (O_18), invierno 2018 (I_2018), primavera 2018 (P_18), verano 2019 (V_19) y otoño 2019 (O_19).

Ambiente térmico

La temperatura en las esferas de Vernon, se registró en dos períodos estivales consecutivos, el primero entre los días 30/10/2017 a 20/05/2018.

Mientras que el segundo período se da entre los días 23/09/2018 hasta el 24/05/2019.

En ambos períodos la esfera ubicada fuera de monte registró temperaturas promedio, observadas y predichas, superiores que las temperaturas registradas por la esfera ubicada dentro de monte. La temperatura predicha sale del modelo autorregresivo y representa la temperatura que puede llegar a ocurrir.

Tabla 4. Temperatura registrada por esferas de Vernon en el período 2017-2018

2017-2018	T_O_ FM	T_ O_ DM	DIF. T_O	T_PRE._ FM	T_PRE _DM	DIF. T_ PRE.
PROMEDIO	33	26	7	35	25	10

Tabla 5. Temperatura registrada por esferas de Vernon en el período 2018-2019

2018-2019	T_O_ FM	T_O_ DM	DIF. T_O	T_PRE. _ FM	T_PRE. _DM	DIF. T_PRE.
PROMEDIO	32	25	7	33	23	10

Temperatura en ºC. Referencias. Temperatura promedio observada (T_O), temperatura promedio predicha (T_PRE.), las diferencias de temperaturas observadas (DIF. T_O) y diferencias de temperatura predicha (DIF. T_PRE.). Los valores fueron registrados en ºC, en los tratamientos fuera de monte (FM) y dentro de monte (DM).

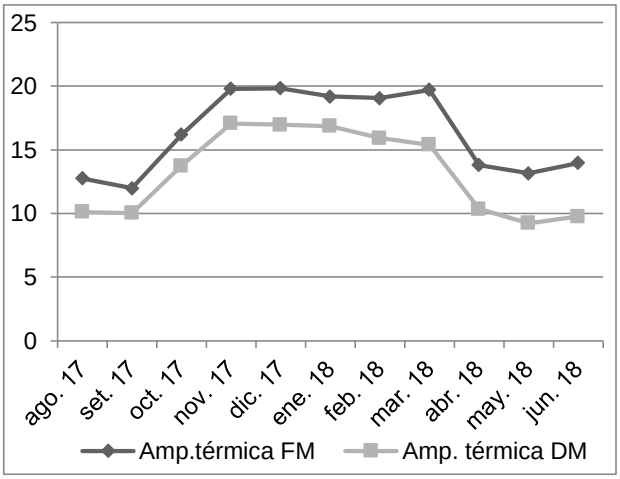
En ambos períodos la diferencia de temperaturas promedio observadas fue de 7 ºC, en caso de la temperatura predicha fue de 10 ºC, superiores fuera de monte (FM) que dentro de monte (DM), coincidiendo con antecedentes (Munka *et al*., 2017). Debido a que los globos negros registran el efecto combinado de la radiación solar con la temperatura del aire y velocidad del viento (Bond y Kelly, 1955), la menor temperatura dentro de monte se explica por una reducción en la radiación directa, y en los aportes por convección, asociados con el diseño de plantación forestal que genera un "efecto sombra". Estos cambios en el microclima inducidos por los árboles favorecen el bienestar animal (Huertas Canén, 2019).

Durante el verano, se registró un 45 % a 46 % de días con diferencia de temperatura promedio significativa de 6 a 8 ºC entre los tratamientos FM y DM.

A lo largo del día en los dos períodos (2017-2018 y 2018-2019) la mayor frecuencia de horas donde se constató diferencias térmicas significativas entre los tratamientos FM y DM, se dió durante la mañana (7:00 y 10:00 hs.) con valores de 43 a 45 %, seguida de la tarde (16:00 -19:00 hs.) y la menor frecuencia se dieron en el mediodía (11:00 y 15:00 hs.) donde está frecuencia fue del 25 a 29 %. Estos valores se atribuyen a la orientación de las filas de plantación, y la distribución espacial de los árboles, donde en la línea de plantación con orientación N-S, la radiación incidente sobre las esferas de

Vernon durante la mañana, llega en forma difusa a la esfera dentro de monte al ser interceptada por los árboles.

En los períodos evaluados (agosto 2017 a junio 2018 y de julio 2018 a junio 2019), la temperatura promedio del aire en abrigo meteorológico en ambos tratamientos (fuera y dentro de monte) fue entorno de 18 °C y 17 °C. En el primer período evaluado, la temperatura máxima y mínima promedio del aire fue de 26 ºC y 10 ºC fuera de monte, y de 25 ºC y 12 ºC dentro de monte. La amplitud térmica promedio fue de 16 ºC fuera de monte y 13 ºC bajo árboles. En el segundo período la temperatura máxima y mínima promedio del aire fue de 25 ºC y 10 ºC para a cielo abierto y 23 ºC y 11 ºC bajo árboles, y la amplitud térmica promedio fue de 15 ºC y 12 ºC fuera y dentro de monte respectivamente.



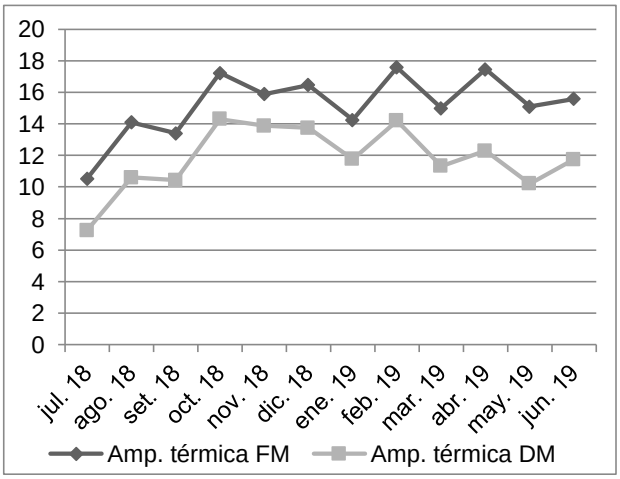


Gráfico 2 y 3. Distribución de amplitud térmica promedio durante los períodos 2017-2018 y 2018-2019. Temperatura (ºC).

Radiación fotosintéticamente activa

La radiación fotosintéticamente activa (RFA) interceptada por el dosel fue de 52 a 63 %. Se observó una disminución de la RFA bajo árboles, aunque no se verificó una diferencia significativa entre la reducción de radiación RFA incidente bajo fila de árboles y en callejón. El momento en que se tomaron los registros de RFA (al mediodía), la orientación del monte y la elevación solar, incidieron en la radiación que llega al sotobosque y en los valores de RFA medidos. Otro aspecto que podría explicar la similitud de la reducción de radiación incidente en el callejón (entre filas árboles) y bajo la fila de árboles es la característica de la copa arbórea (piramidal, alta y poco densa) de la especie *Eucalyptus globulus ssp. globulus* que influyen sobre la radiación fotosintéticamente activa interceptada sobre las unidades de muestreo.

Tabla 6. Radiación fotosintéticamente activa promedio para cada tratamiento

VARIABLES	FECHA 1		FECHA 2		FECHA 3	
	BM	C	BM	C	BM	C
PAR BLW/ABV	0.47± 0.045 a	0.49± 0.045 a	0.34± 0.06 a	0.45 ±0.06 a	0.37± 0.18 a	0.36± 0.18 a
INTER. RAD. P	*52.8± 4.56 a	51.4± 4.56 a	65.8± 6.41 a	54.6± 6.41 a	63.2± 18.85 a	63.9± 18.8 a

Referencias. FECHA 1, 18-20 y 21/5/2018. FECHA 2, 3/3-4/3/2019. FECHA 3, 03/06/2019. *µmol / m^2 s, desvió estándar ±. Las letras diferentes en un mismo grupo, corresponden a diferencias significativas con p-valor <0.05.

IV. Conclusiones

La riqueza, cobertura y productividad del sotobosque, se ve afectada por la menor disponibilidad de luz y el porcentaje de hojarasca dentro de monte. La frecuencia de aparición de las especies varía al pasar de los tratamientos dentro de monte a cielo abierto. Se percibe una transición de especies a nivel del callejón, entre los tratamientos bajo monte y afuera de monte. Mientras que a cielo abierto hay una mayor diversidad de especies en el tapiz vegetal. La producción de materia seca, es tres veces mayor a campo abierto en relación al callejón.

Se registraron diferencias de temperaturas promedios de 7 ºC superiores fuera de monte con relación a dentro de monte y se constató la función reguladora de los árboles sobre la amplitud térmica. La radiación fotosintéticamente activa (PAR) no presentó diferencias significativas entre los tratamientos, pero sí se verificó una reducción entorno del 50 % con respecto al cielo abierto. El “efecto sombra” que brindan los árboles genera un ambiente de mayor confort térmico para el ganado, e influye sobre la composición florística y capacidad productiva del sotobosque.

V. Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la financiación del Programa “Mas Tecnologías para la Producción Familiar”. MGAP (DGDR)-INIA. A través del proyecto: Integración de la forestación en predios ganaderos y lecheros familiares: desafíos, potencialidades y herramientas para tomar decisiones, y especialmente a los investigadores, técnicos y productores que colaboraron en el mismo.

VI. Bibliografía

Benítez, V.; Santa Cruz, R.; Viñoles Gil, C.; Posse, J. P.; Fedrigo, J. K. 2019. Simulación de sombra para una plantación silvopastoril de eucalipto híbrido según la orientación de plantación: N-S o E-O. In: Congreso Internacional sobre Sistemas Silvopastoriles (10º., 2019, Asunción, Paraguay). Libro de actas. Cali, Colombia, CIPAV. pp. 478-479.

Bond, T. E.; Kelly, C. F. 1955. The globe thermometer in agricultural research. Agricultural Engineering. 36(4):251-260.

Boscana, M.; Rachetti, M.; Munka, C.; González, A.; Bussoni, A. 2019. Recomendaciones para la integración de forestaciones en predios ganaderos y lecheros familiares. Montevideo, Comisión Nacional de Fomento Rural. 76 p.

Budowsky, G. 1981. Aplicabilidad de los sistemas agroforestales. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 8 p.

Caballé, G.; Fernández, M.; Gyenge, J.; Lantschner, V.; Letourneau, F.; Borrelli, L. 2016. Silvopastoral systems based on natural grassland and ponderosa pine in northwestern Patagonia, Argentina. In: Peri, P.; Dube, F.; Varella, A. eds. Silvopastoral Systems in South America. New York, Springer. pp. 89-115.

Del Giorgio, F.; Hernández, C.; Motta, S.; Amarillo, G; Cabrera, E; Frigerio, J; Fedrigo, J. K; González Tálice, J. 2019. Evaluación de la productividad de dos especies forrajeras C4 en sistemas silvopastoriles. In: Congreso Internacional sobre Sistemas Silvopastoriles (10º., 2019, Asunción, Paraguay). Libro de actas. Cali, Colombia, CIPAV. pp. 452-459.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, IT). 2010. An international consultation on integrated crop-livestock systems for development. The Way Forward for Sustainable Production. Rome. 79 p.

Fedrigo, J. K.; Benítez, V.; Santa Cruz, R.; Posse J.; Santiago Barro, R.; Hernández, J.; Mantero, C.; Morales Olmos, V.; David Silveira, E.; Viñoles, C. 2018. Oportunidades y desafíos para los sistemas silvopastoriles en Uruguay. Sociedad de Medicina Veterinaria del Uruguay. 54(209):20-30

Feldhake, C. M; Belesky, D. P. 2009. Photosynthetically active radiation use efficiency of *Dactylis glomerata* and *Schedonorus phoenix* along a hardwood tree-introduced light gradient. Agroforestry Systems. 75:189-196.

Huertas Canén, S. M. 2019. El bienestar animal, condición de la ganadería en el mundo: oportunidades para el silvopastoreo. In: Congreso Internacional sobre Sistemas Silvopastoriles (10º., 2019, Asunción, Paraguay). Libro de actas. Cali, Colombia, CIPAV. pp 21-32.

Lin, C. H.; Mc Graw, R. L.; George, M. F.; Garrett, H. E. 1999. Shade effects on forage crops with potential in temperate agroforestry practices. Agroforestry Systems. 44:109-119.

MGAP. (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Recursos Naturales Renovables, UY). 2020. Consulta de Índices y Grupos de Suelo CONEAT. (en línea). Montevideo. 1 p. Consultado sep. 2021. Disponible en https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/tramites-y-servicios/servicios/consulta-coneat.

Munka, C.; Bussoni, A.; Boscana, M.; Álvarez, J.; Rachetti, M.; Cabrera, G.; Fernández, E. 2017. Forestación en predios ganaderos del Sur del Uruguay: evaluación del ambiente térmico. In: Congreso Internacional Sistemas Silvopastoriles (9º., 2017. Manizales, Colombia). Libro de actas. Manizales, Colombia, s.e. pp. 147-166.

Navas. A. 2016. Materiales educativos sobre uso y conservación del bosque seco tropical. (en línea). Bogotá, Tropenbos Internacional. 6:6-62. Consultado jun. 2021. Disponible en http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2016/08/6-Sistemas-silvopastoriles.pdf

Nair, P. K. 1989. Classification of agroforestry systems. In: Nair, P. K. ed. Agroforestry systems in the tropics. Dordrecht, Kluwer. pp. 39-52.

Pereira Machín, M., 2013. Using participatory research, remote sensing and field surveys to build a state and transition model for the native pastures of northern Uruguay. In: International Grassland Congress (22nd., 2013, Sydney, AU). Proceedings. Orange, New South Wales, Australia, New South Wales Department of Primary Indsustry. pp. 1084-1087.

Silveira, E. D. 2015. Estudio comparativo de la vegetación y cobertura del suelo bajo plantaciones forestales y campo natural. Tesis de Maestría en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la Republica. Facultad de Agronomia. 91 p.

Silveira, E. D.; Cadenazzi, M.; Zanoniani, R.; Boggiano, P. 2018. Estructura de las comunidades herbáceas en áreas con plantaciones forestales. Agrociencia (Uruguay). 22(1):1-12.

Respuesta productiva en la recría de hembras de reposición bajo un Sistema Silvopastoril Tri-estrato y pastura a cielo abierto en Misiones, Argentina

Productive response in heifer rearing under a three strata silvopastoral system and open sky pasture in Misiones, Argentina

Loto, M[1].; Colcombet, L[1].; Kimmich, G[2].; Kimmich, D[3].; González, P[1].; Rossner, M. B[2]. Ziegler, A[2].

[1]INTA EEA Montecarlo. Contacto: loto.mauro@inta.gob.ar
[2]Facultad de Agronomía. Universidad del Salvador. Sede Virasoro
[3]Albura S.A

Resumen

Los Sistemas Silvopastoriles en la provincia de Misiones, Argentina surgen como una alternativa de diversificación productiva respecto a la producción forestal y ganadera convencional. Recientemente se ha introducido *Tithonia diversifolia* con características promisorias en cuanto a características de crecimiento, calidad nutricional y adaptación a la condición lumínica de los SSP ocupando un estrato intermedio entre la pastura y los árboles. El objetivo del presente trabajo fue analizar la evolución del peso vivo (PV) de hembras de reposición durante el periodo de recría bajo sistemas silvopastoriles (SSP) y a cielo abierto (CA). Se evaluó el aumento diario de peso vivo (ADPV) en hembras raza Braford y Brangus, la oferta forrajera y los parámetros nutricionales de los recursos forrajeros utilizados. En ambos sistemas el PV alcanzado permitió lograr el primer servicio de las hembras a los 18 meses de edad, no obstante, la calidad de los forrajes utilizados bajo el SSP fue de calidad superior respecto al CA.

Palabras clave: *peso vivo, hembras, estrato intermedio.*

Abstract

The Sivopastoral Systems in the province of Misiones, Argentina emerge as an alternative for productive diversification with respect to conventional forestry and livestock production. Recently, Tithonia diversifolia has been introduced with promising characteristics in terms of growth characteristics, nutritional quality and adaptation to the light condition of the SSP occupying an intermediate layer between the pasture and the trees. The objective of this work was to analyze the evolution of the live weight (LW) of replacement females, during the rearing period, under silvopastoral systems (SSP) and in the open sky (CA). The daily live weight gain (ADPV) in replacement females of the Braford and Brangus breed, the forage supply and the nutritional parameters of the forage resources used were evaluated. In both systems,

the PV achieved allowed to achieve the first service of the females at 18 months of age, however, the quality of the forages under the SSP were of higher quality compared to the CA.

Key Words: *live weight, females, middle stratum.*

Introducción

En la provincia de Misiones (Argentina) la producción forestal constituye una de las principales actividades económicas. Históricamente, la mayor parte de los SSP se desarrollaron a partir de forestaciones convencionales modificadas mediante la adopción de prácticas silviculturales (raleos y podas) con el objetivo de aumentar el ingreso de radiación lumínica y promover el crecimiento de pasturas (Fassola *et al*., 2005). Las especies forrajeras de mayor adaptación a las características edafoclimáticas de la región y a condiciones de sombreo bajo árboles son las gramíneas *Urochloa brizantha cv. Marandú y Axonopus jesuiticus x A. scoparius* (Rossner *et al*., 2017). Recientemente se introdujo la especie *Tithonia diversifolia*, con resultados promisorios en cuanto a sus características de crecimiento y calidad nutricional (Loto *et al*., 2015; González *et al*., 2017; Rossner *et al*., 2017). Tradicionalmente, en los SSP la ganadería fue complementaria a la forestación en cuanto a su aporte en el margen bruto, pero en los últimos años ha cobrado mayor importancia y en algunos casos el aporte al margen bruto es superior al 50 % (Colcombet, 2017). En este sentido, aquellas prácticas que permiten aumentar la eficiencia de la producción de carne por hectárea toman mayor relevancia dentro de los SSP como son el ajuste de la carga animal, manejo del pastoreo, control de parasitosis, mejora genética, entre otros. Otra técnica recomendada para intensificar la ganadería es realizar el primer servicio de las hembras a una edad de 18 meses. Los objetivos de esta técnica es aumentar la eficiencia reproductiva del rodeo a partir del segundo servicio, acortar el intervalo entre partos, aumentar el peso de los terneros destetados en la vida útil del vientre y seleccionar por fertilidad anticipadamente (Sampedro, 2012). La principal limitante del servicio a los 18 meses es el manejo nutricional necesario para lograr un aumento diario de peso vivo (ADPV) durante la recría, que permita que las hembras alcancen al momento del servicio un 65% de su peso adulto. En este sentido Martínez Calsina *et al*. (2015) encontraron que la incorporación del estrato arbóreo sobre pasturas subtropicales generó un aumento en la respuesta animal durante el período de recría asociado a un incremento en las características nutricionales de la pastura. El objetivo del trabajo fue analizar la evolución del peso vivo (PV) de hembras durante la recría bajo sistemas SSP y a CA.

Materiales y métodos

Ubicación

Para la elección del caso de estudio se seleccionó el establecimiento "La Pendiente", que realiza ganadería a cielo abierto (CA) y con SSP. Esta pertenece a la Familia Kimmich y se encuentra en el departamento de Montecarlo, Misiones (26º 38' 19.50" S; 54º 30' 33,44" O; 540 msnm). El SSP corresponde a un lote con una superficie de 14,7 ha implantado en el 2014, compuesto por *Cynodon plectostachyus* en consociación con *Tithonia diversifolia* como componente forrajero bajo pino híbrido (*Pinus elliottii var. elliottii x Pinus caribaea var. hondurensis*) como componente forestal. El sistema ganadero a cielo abierto fue un lote de 10,5 ha con el componente forrajero *Cynodon plectostachyus*. Ambos lotes se encontraban ubicados de manera adyacente, bajo condiciones edafoclimáticas similares y uso previo, no obstante, la pendiente del terreno ≥ 20% es de un 8 y 45% de la superficie para el SSP y CA, respectivamente.

Selección de animales

Se priorizó la elección de las vaquillas por uniformidad genética (Braford y Brangus), PV (238±6 kg), nacidas al inicio de la temporada de parto (Julio) que fueron asignadas de manera aleatoria a dos grupos, uno por cada sistema a evaluar, a los efectos de lograr una carga animal homogénea (598±4 kg PV/ha). El PV sin desbaste se registró de manera individual cada 45 días por medio de una balanza electrónica Farmquip®.Se planteó un ensayo con diseño en bloques completos al azar estratificado, con dos tratamientos, CA y SSP y 27 repeticiones (pseudoréplicas), las variables fueron analizadas mediante ANOVA con el programa estadístico R. La fecha de inicio de la experiencia fue el 03/09/2019 y tuvo una duración de 135 días bajo pastoreo continuo.

Producción y calidad de forraje

La oferta forrajera se estimó en ambos sistemas, en tres momentos durante el período evaluado, al inicio (03/09/2019; Período 1), a la mitad (30/10/2019; Período 2) y al final (16/01/2020; Período 3) del estudio, por medio de la técnica del doble muestreo (Bruno *et al.,* 1995). Simultáneamente en cada momento y sistema, se conformó una muestra compuesta a partir de 20 submuestras, para evaluar los parámetros nutricionales de cada componente forrajero mediante la técnica *hand plucking* (Fick *et al*., 1979). Las muestras fueron pesadas en fresco al momento del corte y luego secadas en estufa hasta peso constante, para la determinación del porcentaje de materia seca (% MS). Las muestras

confeccionadas para los análisis químicos fueron enviadas al laboratorio de forrajes y nutrición animal de la EEA INTA Santiago del Estero, donde se evaluó el porcentaje de digestibilidad *in vitro* de la materia seca (% DIVMS); porcentaje fibra detergente neutro (% FDN), porcentaje fibra detergente ácida (% FDA) y porcentaje de proteína bruta (% PB). Complementariamente a modo de caracterización, en el SSP se realizó un inventario forestal, mediante la instalación de 4 parcelas permanentes de 800 m^2 ubicadas en sentido transversal a los líneos de pino, se midieron diámetro a la altura de pecho (DAP) con el uso de una forcípula forestal Haglöf mantax, altura total (H) y la altura a la base de la copa verde (HBCV) mediante un hipsómetro Vértex IV Haglöf, y número de árboles.

Tabla 1. Variables dasométricas del rodal en el Sistema Silvopastoril

Año de implantación: Densidad (N° de árboles/ha)	2014 548
DAP (cm) 15,9	15,9
Área Basal (m^2/ha)	11
Altura total (m)	9,8
Volumen total c/corteza (m^3/ha) Altura de poda (m)	56 5,1
Longitud de copa verde (km/ha)	2,6
% de Sombra	39

Resultados y discusión

Componente Forrajero

En términos generales, durante el período evaluado se observó un incremento del 83% en la oferta forrajera de *Cynodon plectostachyus* en el sistema CA respecto al SSP, lo cual demuestra la escasa capacidad de dicha especie para desarrollarse bajo las condiciones de sombra evaluada. Sin embargo, no existieron diferencias estadísticamente significativas (p valor ≤ 0,05) para la variable ADPV, por lo tanto, al tener similar carga animal en ambos sistemas la producción de carne por hectárea fue prácticamente similar (Tabla 4). Probablemente dicha respuesta animal en ambos sistemas podría explicarse por un lado al aporte de biomasa de alta calidad de *Tithonia diversifolia* y por el otro a un aumento en la calidad nutricional del componente forrajero bajo el SSP. En este sentido *Cynodon plectostachyus* (SSP) presentó un incremento del 53 y 10 % en el contenido de PB y DIVMS,

respectivamente (Tabla 3). Dicha respuesta concuerda con otros autores que encontraron un incremento en el contenido de PB en pasturas bajo SSP, tanto en pastizales naturales (Uguet y Lacorte, 2014) como en pasturas tropicales implantadas (Carvalho *et al.*, 2002; Gobbi, 2007).

Tabla 2. Oferta forrajera (KgM/ha) durante tres períodos evaluados (media ± desvío estándar).

	Período 1	Período 2	Período 3
Cynodon plectostachyus .CA	5590 ± 1863	4356 ± 1580	8350 ± 2770
Cynodon plectostachyus. SSP	2520 ± 1200	2490 ± 1093	4983 ± 3027
Tithonia diversifolia. SSP	540 ± 203	749 ± 468	9600 ± 5300

Tabla 3. Valores nutricionales promedio de los recursos forrajeros *Cynodon plectostachyus* - *Tithonia diversifolia*, en un sistema silvopastoril (SSP) y a cielo abierto (CA).

	% PB	% FDN	% FDA	% DIVMS
Cynodon plectostachyus. CA	8,1	76,1	39,1	50,1
Cynodon plectostachyus. SSP	12,4	72,6	38,1	55,2
Tithonia diversifolia	20,4	46,8	36,4	70,1

Componente animal

Las razas sintéticas se caracterizan por tener menor precocidad, mayor edad y peso corporal a la pubertad que las vaquillas de razas europeas (Randel, 1994). En este tipo de rodeos donde se trabaja con cruzas, las vaquillas deben alcanzar entre el 60 y 65% de su peso vivo adulto, para asegurar alta eficiencia en los parámetros reproductivos, para ello se debe garantizar un ADPV de 0,600 a 0,800 kg PV/día, para alcanzar el peso de servicio a una edad de 18 meses como máximo. En Tabla 2 se observa que en ambos sistemas el ADPV fue suficiente para lograr el PV necesario para realizar el primer servicio antes de los 18 meses de edad.

Tabla 4. Peso vivo inicial, peso vivo final, aumento diario de peso vivo de hembras de recría y producción de carne por hectárea bajo sistemas silvopastoriles y a cielo abierto (media ± desvio estándar).

	SSP	CA	p-valor
Peso vivo inicial , Kg	242,6±24,9	234,4±22,9	0,19
Peso vivo final , Kg	332,4±26,5	321,7±31,6	0,17
ADPV kg.animal.día^{-1}	0,64±0,09	0,620±0,12	0,39
Producción de carne Kg PV/ha	220	214	

Consideraciones finales

La evolución del peso vivo de hembras en recría fue similar y varió un 5% bajo sistemas silvopastoriles y a cielo abierto. En ambos sistemas, los pesos alcanzados permitirían lograr el primer servicio a los 18 meses en las hembras. Se observó que la carga animal utilizada no fue suficiente para lograr una alta eficiencia en la utilización de los recursos forrajeros. A futuro, será necesario aumentar la presión de pastoreo mediante un sistema de manejo de mayor intensidad y carga combinado con un bajo período de ocupación, con el objetivo de aumentar la eficiencia de pastoreo y el consumo de *Tithonia diversifolia* en el sistema silvopastoril.

Agradecimientos

Agradecemos a la familia Kimmich la oportunidad y dedicación para realizar el ensayo en equipo.

Bibliografía

Bruno, O.A; Castro, H; Comerón, E.A; Diaz, M.C; Guaita, S; Gaggiotti, M.C; Romero, L.A. 1995. Técnicas de muestreo y parámetros de calidad de los recursos forrajeros. I.N.T.A Publicación técnica N°56. ISSN 0485-9057. pp. 15.

Carvalho M.M; Freitas V.P; Xavier D.F. 2002. Inicio de florescimento, produção e valor nutritivo de gramíneas forrageiras tropicais sob condição de sombramento natural. Pesquisa Agropecuária Brasileira, vol. 37: pp. 717-722.

Colcombet, L. 2017. Productividad y resultado económico de sistemas silvopastoriles en ambientes contrastantes en Misiones, Argentina: Análisis de dos casos de estudio. En: Chará J., Peri P., Rivera J., Murgueitio E., Castaño K. 2017. *Sistemas Silvopastoriles: Aportes a los Objetivos de Desarrollo Sostenible.* CIPAV. Cali, Colombia. pp. 497-502.

Fassola, H.E; Lacorte, S.M; Pachas, A.N.; Pezzuti, R. 2005. Factores que influencian la producción de biomasa forrajera de Axonopu jesuiticus Valls, bajo doel de Pinu taeda L. en el nordeste de Corrientes. Revista de Investigaciones Agopecuarias, 34(003). INTA. Buenos Aires. pp. 21-38.

Fick, K. R; Mcdowell, L. R; Miles, P. H; Wilkinson, N. S.; Funk, J. D; Conrad, J. H. Y Valdivia, R. 1979. Métodos de Análisis de Mineral es para Tejidos de Plantas y Animales. Segunda Edición. Universidad de Florida, Gainesville, Florida, USA. pp. 358.

Gobbi K.F. 2007 Características morfoantaomicas, nutricionais e produtividade de forrageiras tropicais submetidas ao sombreamento. Tese doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Programa de pos graduação em Zootecnia. pp 94.

González, P.A.; Loto; M.; Rossner, M.B; Colcombet, L.; Rogerio, M.; Kimmich, G. 2017. Productividad de Tithonia diversifolia bajo distintos niveles de sombra en la provincia de Misiones, Argentina. Sistemas Silvopastoriles. En: Chará J., Peri P., Rivera J., Murgueitio E., Castaño K. 2017. *Sistemas Silvopastoriles: Aportes a los Objetivos de Desarrollo Sostenible.* CIPAV. Cali, Colombia. pp 471-477.

Loto, M; Rossner, M.B; Colcombet, L; Kimmich, G. 2015. Análisis preliminar de la calidad forrajera de Tithonia diversifolia (Hemsl.) Gray en el Norte de Misiones, Argentina. Actas del III Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles y VIII Congreso Internacional de Sistemas Agroforestales. Puerto Iguazú, Misiones, 7 al 9 de mayo de 2015. pp 85-88.

Martinez Calsina, L; Lara, J.E; Suárez, F.A; Ballón, M; Pérez, P.G; Vega, H; Torres, J.C; Corbella, R; Plasencia, A; Caldez, L; Banegas, N; Luchina, J; Nasca, J.A; Perez, H.E; Bottegal, D; Zimerman, M. 2015. Producción de carne en un Sistema Silvopastoril de Algarrobos y Grama Rhodes de la Llanura Deprimida de Tucumán, Argentina. 3° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles: VII Congreso Internacional Sistemas Agroforestales / compilado por Pablo L. Peri. - 1a ed. – Santa Cruz: Ediciones INTA, 2015.716 p.

INICIO
CRÉDITOS
COMITÉS
CONTENIDO
SECCIÓN I
SECCIÓN II
SECCIÓN III
SECCIÓN IV

Randel R.D. 1994. En: Factors affecting calf crop. Ed. M.J. Fields, R.S. Sand. CRC Press, Boca Raton, USA. pp. 23-43

Rossner, M.B; Kimmich; G; Esquivel, J.I; González, P.A; Loto, M; Ziegler, A; Colcombet, L; Fleitas, F. 2017. Evolución de la adopción de Botón de oro (Thitonia diversifolia Hemsl. A. Gray) en la Provincia de Misiones, Argentina. En: Chará J., Peri P., Rivera J., Murgueitio E., Castaño K. 2017. *Sistemas Silvopastoriles: Aportes a los Objetivos de Desarrollo Sostenible.* CIPAV. Cali, Colombia. pp. 456-463

Sampedro, D. 2012. El entore de las vaquillonas a los 18 meses de edad. EDICIONES INTA. ISSN Nº 0327-3059.

Uguet Vaquer Piloni J.P Y Lacorte S.M. 2014. Producción y calidad de un pastizal en el período invernal a cielo abierto y bajo un sistema silvopastoril. Livestock Research for Rural Development 26 (7) 2014.

Propuesta de una Oferta tecnológica en ganadería sostenible de alta montaña en Colombia, usando escarabajos coprófagos bio-recicladores y microorganismos del suelo

C.A. Medina; A. Salazar; F. García

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt
Carrera 8 # 15-08 Claustro de San Agustín, Villa de Leyva, Boyacá, Colombia
camedina@humboldt.org.co

En América Latina la actividad ganadera se está transformando. En Colombia, diversas estrategias y alternativas se están implementando en diferentes zonas y proyectos del país para mejorar la productividad y reducir el impacto ambiental. Áreas considerables de conservación dentro del sistema productivo, implementación de sistemas silvopastoriles y prácticas que ayudan a proteger la pradera y el suelo, se cuentan entre las opciones de mitigación ambiental de la ganadería. Desde el Instituto Humboldt, se viene adelantando investigaciones que muestran los beneficios de conservar la biodiversidad dentro de los sistemas productivos. Actualmente, se está evaluando en campo y en laboratorio la actividad funcional de los escarabajos coprófagos bio-recicladores (Scarabaeinae) y su relación con la diversidad de microorganismos del suelo y su capacidad de secuestrar carbono en fincas ganaderas de alta montaña. El objetivo es diseñar una propuesta de oferta tecnológica en ganadería sostenible, que considere la diversidad de escarabajos y microorganismos del suelo, la cría y reintroducción de escarabajos bio-recicladores para la recuperación de suelos, así como una guía para el análisis de sostenibilidad del sector. Para esta investigación se escogieron diferentes fincas ganaderas entre los 2,700 y 3,000 msnm del departamento de Cundinamarca, donde se está valorando la diversidad de escarabajos y se están identificando y seleccionando las variables para el análisis de sostenibilidad. Así mismo en fincas de la ganadería Chuguaca (municipio San Francisco, Cundinamarca), se estableció el piloto de cría de escarabajos y los ensayos de actividad funcional asociados a microorganismos del suelo. En estas tres fincas además de los muestreos de diversidad de escarabajos, se escogieron tres zonas de potreros: potrero cerca (< 50m) a bosque maduro, potrero cerca a bosque en regeneración (< 50 m) y potrero sin bosque cerca (> 1000 m). En cada una de estas zonas se seleccionaron tres sitios para las mediciones de respiración del suelo y los mesocosmos experimentales. Los mesocosmos, (un total de 27), consistieron en masas de 1,000 g de excremento de vaca homogenizado, con los tratamientos: “con escarabajos, con estiércol”, “sin escarabajos, con estiércol” y un control “sin escarabajos y sin estiércol”. Al cabo de un mes se evaluó el porcentaje de remoción de excremento, se midió el pH, la temperatura, y se tomaron muestras de suelo para los análisis fisicoquímicos y de diversidad genética de microorganismos, las cuales se encuentran en procesamiento. En el piloto de

cría de escarabajos se ha conseguido la reproducción de tres especies de escarabajos representativas de la finca, y se ha logrado la apropiación del proceso de reproducción por parte de los trabajadores, así como la sensibilización del personal técnico y de los visitantes a la finca. Los resultados preliminares sugieren que los escarabajos pueden ayudar a secuestrar carbono en el suelo y potencialmente alterar la composición microbiana, a través del ingreso de nutrientes y del aumento del pH en el suelo. Su actividad no sólo contribuye con la salud del suelo y la reducción de emisiones de GEI, sino que tienen el potencial de ser íconos de conservación y sostenibilidad para el sector ganadero.

Palabras Claves: *Diversidad; Scarabaeinae, Estiércol bovino; Suelo; Gases de efecto invernadero.*

Proposal for a technological offer in sustainable high mountain livestock in Colombia, using bio-recycler dung beetles and soil microorganisms

In Latin America, livestock activity is transforming. In Colombia, various strategies and alternatives are being implemented in different areas and projects of the country to improve productivity and reduce environmental impact. Considerable conservation areas within the production system, implementation of silvopastoral systems and practices that help protect the grassland and soil, are among the options for environmental mitigation of livestock. From the Humboldt Institute, research has been carried out that shows the benefits of conserving biodiversity within productive systems. Currently, the functional activity of bio-recycler dung beetles (Scarabaeinae) and its relationship with the diversity of soil microorganisms and their capacity to sequester carbon in high mountain livestock farms are currently being evaluated in the field and in the laboratory. The objective is to design a proposal for a technological offer in sustainable livestock, which considers the diversity of beetles and soil microorganisms, the breeding and reintroduction of bio-recycling beetles for the recovery of soils, as well as a guide for the analysis of the sustainability of the sector. For this research, different cattle farms were chosen between 2,700 and 3,000 m above sea level in the department of Cundinamarca, where the diversity of beetles is being evaluated and the variables are being identified and selected for the sustainability analysis. Likewise, in farms of the Chuguaca livestock (San Francisco municipality, Cundinamarca), the beetle breeding pilot and the functional activity tests associated with soil microorganisms were established. In these three farms, in addition to the beetle diversity samplings, three pasture areas were chosen: pasture close (<50m) to mature forest, pasture close to regenerating forest (<50m) and pasture without forest nearby (> 1000m). In each of these zones, three sites were selected for the soil respiration measurements and the experimental mesocosms. The

mesocosms, (a total of 27), consisted of masses of 1,000 g of homogenized cow excrement, with the treatments: “with beetles, with manure”, “without beetles, with manure” and a control “without beetles and without manure”. After one month, the percentage of excrement removal was evaluated, the pH and temperature were measured, and soil samples were taken for the physicochemical and genetic diversity analysis of microorganisms, which are under processing. In the beetle rearing pilot, the reproduction of three species of beetles representative of the farm has been completed, and the appropriation of the reproduction process by the workers has been achieved, as well as the awareness of the technical staff and visitors to the farm. Preliminary results suggest that beetles can help sequester carbon in the soil and potentially alter microbial composition, through nutrient entry and increased soil pH. Their activity not only contributes to the health of the soil and the reduction of GHG emissions, but they also have the potential to be icons of conservation and sustainability for the livestock sector.

Keywords: *Diversity; Scarabaeinae; Bovine manure; Ground; Greenhouse gases.*

Implementación de un modelo multiagente de un sistema silvopastoril uruguayo como estudio de caso

Implementation of a multiagent based model of an Uruguayan silvopastoral system as study case

F. Dieguez; F. Varela; M. Boscana; A. Bussoni

Instituto de Producción Animal, Facultad de Veterinaria, Universidad de la República, Uruguay. Ruta 1 km 42.500, Libertad, San José. CP 80.100. fd_uy@yahoo.com

Resumen

El modelado multiagente permite implementar dinámicas entre entidades (animales y árboles, en el caso de un sistema silvopastoril) en relación con el espacio físico que ocupan. Esto es central para el estudio de las complejas interacciones que se dan en estos sistemas. Se implementó un modelo multiagente en la plataforma NetLogo, de acuerdo con un estudio de caso de un sistema silvopastoril uruguayo, para calcular la evolución del volumen de madera y productividad de carne en el largo plazo. Este modelo implementa dos modelos desarrollados localmente (modelo ganadero con lógica "presa-predador" y un modelo de crecimiento forestal), integrándolos. En la simulación realizada, se consideraron dos marcos de plantación de *Eucalyptus dunnii* (monte denso y silvopastoreo con callejones). La rotación forrajera fue implementada de acuerdo con entrevistas realizadas con el productor. Los resultados obtenidos, 18.577 m3 de madera y 486.004 kg de carne acumulados en el período de 10 años, están dentro de los rangos esperables para este tipo de sistema de producción, con base pastoril sobre campo natural. Considerando arreglo espacial específico del caso de estudio, se observó que las áreas destinadas a monte, así como los potreros de mayor tamaño funcionan como áreas buffer cuando la oferta de forraje en la rotación preestablecida es baja. La aproximación multiagente puede ser implementada para estudiar, en el largo plazo, la productividad de carne y madera en sistemas complejos -como lo son los silvopastoriles- con el objetivo de desarrollar herramientas realistas y adecuadas para la ayuda a la toma de decisiones.

Palabras clave: *ganadería extensiva, forestación, capacidad de carga, arreglo espacial, modelado dinámico*

Abstract

Multiagent-based modeling allows to implement dynamics between entities (animals and trees, in silvopastoral systems) in relation to the physical space they occupy. This is central to study the complex interactions that occur in those systems. A multiagent-based model was implemented in NetLogo,

according to a case study of a Uruguayan silvopastoral system, to calculate the evolution of the volume of wood and meat yield in the long term (10 years simulations). This model implements two locally developed models (a livestock model with a "prey-predator" approach and a forestry growth model), integrating them. In the simulation carried out, two *Eucalyptus dunnii* plantation frames were considered (frame 1: dense forest, and frame 2: silvopastoral with alleys). The forage rotation was implemented according to interviews carried out with the farmer who manages the establishment. The results obtained 18,577 m^3 of wood and 486,004 kg of meat accumulated in the 10 years period, are within the expected ranges for this kind of production system, with a pastoral base on native grasslands. Considering the specific spatial arrangement of the study case it was observed that the paddocks destined for forestry, as well as the larger paddocks, work as buffer areas when forage biomass in the pre-established forage rotation is low. The multiagent-based approach can be implemented to study, in the long-term system study. The productivity of meat and wood in complex systems -such as silvopastoral systems are- can be implemented with his platform with the aim of developing realistic and adequate decision-making tools.

Key words: *extensive livestock farming, forestry, carrying capacity, spatial arrangement, dynamical modelling*

Introducción

Considerando a los sistemas de producción como sistemas complejos (Vayssieres *et al*., 2011), una estrategia para comprenderlos y estudiar su evolución es el modelado dinámico (Pastor, 2011; Ungar, 2019). Particularmente, los sistemaas silvopastoriles agregan otras complejidades ya que se trata de dos producciones paralelas con ritmos y escalas disímiles, además de sus interacciones (Varela, 2019).

De acuerdo con Railsback y Grimm (2019) el modelado multiagente o ABM (agent based model) permite formalizar la interacción entre entidades, y además facilita la espacialización del problema, ambos aspectos son clave del silvopastoreo: la interacción entre los animales, los árboles y la pastura, y el arreglo y espacial de los mismos. El modelado ABM, trabaja con individuos (agentes) con comportamientos independientes, pero que se relacionan con otros agentes y el lugar del espacio en el que están, en cada paso de tiempo.

La representación del sistema completo es mediante una grilla de parcelas que emulan el territorio a modelar (o "mundo"). Las parcelas, en este caso, corresponderán a una unidad de territorio con una dinámica de biomasa vegetal en las cuales podrán existir o no algunos agentes (árboles y/o animales). Estas parcelas son agrupadas en potreros, como unidades de

manejo del rodeo, y de decisión sobre las características del rodal, en caso de existir un monte.

Por otra parte, los agentes pueden ser representados por entidades, como animales y árboles, de nuestro sistema de silvopastoreo a modelar. Estos agentes son móviles, ambos en el sentido de su posibilidad de movimiento en el territorio (animales) y de su crecimiento (árboles). Este último punto es central en sistemas silvopastoriles, para caracterizar la relación árbol-pastura y árbol-animal mediante el sombreado, modificando el crecimiento del forraje y la ganancia de peso de los animales, respectivamente.

De esta manera, el arreglo espacial cobra relevancia en el modelo ABM generado, así como la interacción entre agentes, y con las parcelas.

El objetivo de este trabajo es presentar una primera etapa de implementación de un modelo ABM de un sistema silvopastoril uruguayo como estudio de caso. El modelo resultante es una herramienta para cálculo de productividad primaria y secundaria del sistema en el largo plazo.

Materiales y Métodos

La implementación del modelo ABM se realizó en la plataforma NetLogo, versión 6.2 (Wilensky, 1999). Se trabajó con información de un caso de estudio perteneciente al proyecto en ejecución "Estudio de la contribución ambiental de sistemas silvopastoriles en la producción de carne" (CSIC 02100-500193-21). En este proyecto se monitorean a campo variables productivas en sus componentes animales y vegetales, tanto los montes como el forraje, las que serán usadas para ajustar el modelo a lo largo de su desarrollo.
En esta primera representación del sistema se trabajará únicamente con un submódulo de engorde de novillos sobre campo natural, manejados con altas cargas en parcelas rotativas.
Se describe, siguiendo las pautas de presentación abreviada del protocolo ODD (Grimm *et al*., 2019) para ABM, los siguientes aspectos:

El trabajo apunta específicamente a responder las siguientes preguntas: *¿es posible espacializar un modelo de silvopastoreo en una plataforma ABM?* En ese caso *¿cuál es el efecto global de productividad del sistema (en carne y madera) al considerar parámetros estructurales como, número de animales, superficie forestada y su arreglo espacial?*

Para considerar el modelo lo suficientemente realista, se implementó el manejo de los animales de acuerdo con entrevistas realizadas al productor que lo gestiona. Asimismo, se utilizó un croquis espacializado indicando los

potreros manejados en la rotación pastoril, así como la ubicación de los montes para incorporarlo al ABM mediante la extensión "GIS" de la plataforma NetLogo. El caso de estudio se encuentra ubicado en la región del Escudo Cristalino del Uruguay (Brazeiro, 2015), tomándose la información de teledetección de la tasa de crecimiento del forraje (campo natural) para la dinámica de las pasturas (LART, 2021).

El modelo incluye las siguientes entidades: animales (con un peso y una ganancia de peso) pastura (con un crecimiento logístico o sigmoide; Pastor, 2011) y árboles (con un crecimiento polinómico; Hirigoyen *et al.*, 2021). El submodelo animal-pastura es una adaptación del modelo de dinámica de poblaciones "presa-predador" (o "ppgl: predator-prey grassland livestock model" de Dieguez y Fort, 2017).

La resolución espacial y temporal corresponden a una superficie total de 606,2 ha, con paso de tiempo diario para el movimiento de los animales y crecimiento del pasto. Los árboles crecen en forma anual, de acuerdo con las ecuaciones antes mencionadas (Hirigoyen *et al.*, 2021).

El modelo inicia con un lote de 700 animales (de acuerdo con la carga animal expresada por el productor), con un peso inicial de 350 kg/animal. Tres potreros incluyen un monte de *Eucalyptus dunnii* en alta densidad con destino de obtención de trozas para industria de pulpa de celulosa (marco 1), y un potrero incluye un monte de *E. dunnii* con callejones, para silvopastoreo en un marco de (2 x 2) + 17 m (marco 2).

La figura 1 presenta la situación inicial indicando número de identificación del potrero, superficie (en ha) y biomasa de la pastura (en kg materia seca por ha; kg MS/ha). La conversión de biomasa a altura del forraje se considera con una constante de 250 kg MS/ha/cm (Pereira y Morales, 2015).

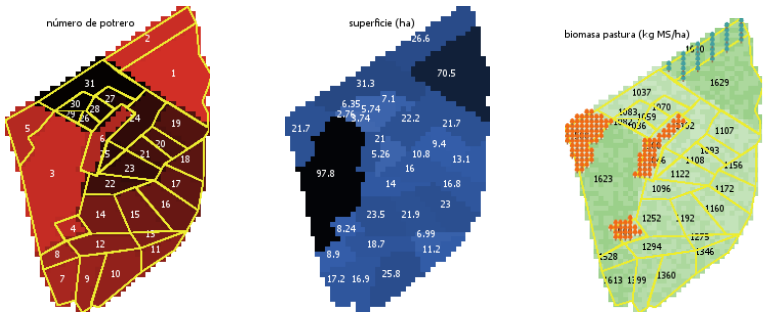


Figura 1. Vista del "mundo" del sistema ABM indicando identificación de los potreros, superficie (ha) y biomasa inicial de la pastura (kg MS/ha).

Los procesos clave del modelo ABM son la dinámica animal-pastura, la dinámica de crecimiento de árboles y sombreado de la pastura, y el efecto

sobre la ganancia de peso del silvopastoreo cuando los animales entran a los potreros forestados.

Asimismo, el movimiento de novillos (egreso del sistema de pastoreo) se determina cuando un lote de 40 animales alcanza su peso objetivo (>450 kg/animal), siendo reemplazado por otro lote de ingreso, nuevo, de 40 animales con el peso inicial establecido (350 kg/animal).

En la dinámica de pastoreo, los animales son movidos de una parcela a otra siguiendo una secuencia de rotación preestablecida (criterio establecido por el productor). En las entrevistas se destacó la regla de mantener el orden de la secuencia en la rotación, como primer criterio de decisión. La salida de los animales de un potrero está dada por el remanente de forraje: si la biomasa forrajera del potrero en el que se encuentran los novillos es inferior a 2.000 kg MS/ha, los animales son retirados al siguiente potrero en la rotación. Además, se evalúa la oferta de forraje antes de entrar al siguiente potrero. En caso de baja disponibilidad de forraje en el siguiente potrero en la rotación (inferior a 1500 kg MS/ha), el sistema asigna a los animales al potrero de mayor biomasa de todo el predio, para continuar luego con la secuencia de rotación, estableciendo así un criterio de “salteado” de parcelas.

Como propiedades emergentes se considera que la productividad de carne en sí misma, así como la secuencia en el movimiento en los potreros son las principales resultantes de la interacción entre agentes. En este caso, la producción de madera es determinística, por lo que su efecto se traslada a la productividad de forraje y la productividad secundaria (kg carne) por efecto del marco de plantación.

De esta forma, el modelo ABM resultante cuenta con 51 ha forestadas en el marco 1, y 26,6 ha en el marco 2, con 528,6 ha de pastoreo sin monte.

En la dinámica e interacciones pasto-animal, se consideró un incremento de 15% en la ganancia diaria de peso de los animales (Rovira, 2002; Saravia *et al.*, 2011; Simeone *et al.*, 2014) cuando pastorean en el potrero con callejones (marco 2). Para considerar el efecto de la sombra sobre la pastura y de la reducción del área de pastoreo por crecimiento de los árboles se implementó en el ABM el modelo SimForGan (Varela, 2019), el cual considera para marcos de plantación con callejones, no existe efecto sobre la productividad de pastura entre el primer y tercer año, luego existe un incremento de la productividad de pasturas de 40% entre el cuarto y sexto año, y un incremento de 30% a partir del séptimo año de plantación. Para los montes sin callejones no existe efecto de los árboles sobre la productividad de pastura hasta el cuarto año, luego ésta se ve reducida en 12% anual.

Se realizaron simulaciones para un período de 10 años, calculándose anualmente la productividad secundaria, expresada como kg carne producida/año. En el cálculo de este producto bruto anual (PBa) se consideró el stock inicial y final de cada año, así como los ingresos y egresos de animales a la rotación forrajera, al alcanzar el peso objetivo. El PBa es dividido por el número de animales y por la superficie, para obtener la productividad anual por animal y por ha, respectivamente (PBind en kg carne producida/animal/año y PBha, en kg carne producida /ha/año).

Como se mencionó anteriormente, el volumen de madera es calculado mediante el modelo Hirigoyen *et al*. (2021), por lo tanto, se calcula luego del período de 10 años el volumen total acumulado, multiplicado por la superficie del respectivo marco de plantación.

Resultados y Discusión

La tabla 1 muestra los resultados de las simulaciones realizadas para un período de 10 años con el sistema ABM modelado en su situación actual (inicializando con 700 novillos).

Tabla 1. Resultados anuales y acumulados de simulación de productividad de carne y madera, para un período de 10 años. El asterisco * indica los totales acumulados durante el período simulado.

	Productividad de madera				Productividad de carne			
año	m^3/ha marco 1	m^3/ha marco 2	m^3 totales marco 1	m^3 totales marco 2	PBa kg carne/ año	PB kg carne acumulado	PBind kg/animal/ año	PBha kg/ha/año
1	8	7	393	182	48.267	48.267	69,0	79,6
2	25	24	1.276	646	46.857	95.124	66,9	77,2
3	49	49	2.491	1.313	48.886	144.010	69,8	80,6
4	76	78	3.868	2.088	47.824	191.834	68,3	78,8
5	104	109	5.302	2.906	44.100	235.934	63,0	72,7
6	132	140	6.730	3.727	48.718	284.652	69,6	80,3
7	159	170	8.115	4.529	41.898	326.550	59,9	69,1
8	185	199	9.438	5.297	48.016	374.566	68,6	79,2
9	210	227	10.689	6.025	54.932	429.498	78,5	90,6
10*	**233***	**252***	**11.866***	**6.711***	56.506	**486.004***	80,7	93,2

La figura 2 muestra la interfaz del modelo ABM luego de un período de 10 años de simulación.

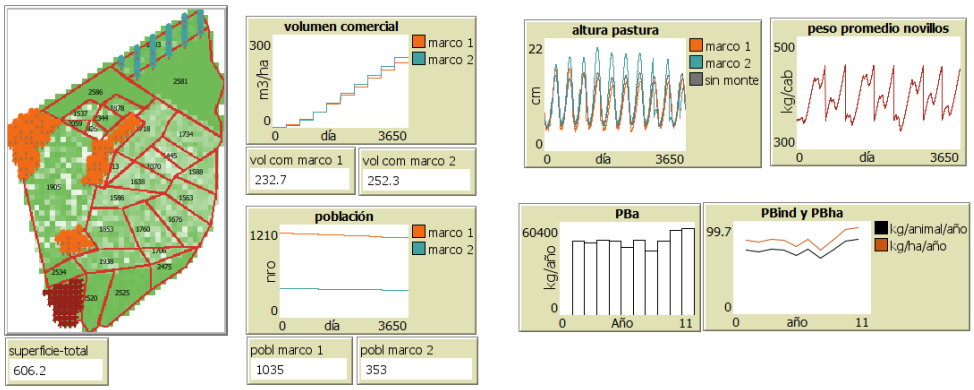


Figura 2. Interfaz del modelo ABM luego de un período de simulación de 10 años.

Como se observa en la figura 2, las respuestas en la producción de madera y carne presentan ciclos y dinámicas diferentes. El volumen comercial (ver tabla 1 y figura 2) respeta las ecuaciones del modelo forestales incluidas en el ABM, con una acumulación total en ambas especies de 18.577 m^3 de madera. Los resultados de evolución de los parámetros dasométricos coinciden exactamente con el modelo Sistema de apoyo a la gestión forestal (Hirigoyen *et al.*, 2021).

Por su parte, la productividad acumulada de carne es de 486.004 kg en el período de 10 años, promediando 69,4 kg/animal/año y 80,1 kg/ha/año.

Los valores de productividad secundaria (PBa) promedio en el período simulado están dentro de los rangos esperables para la región en la que se encuentra el caso de estudio, de acuerdo al sistema de monitoreo de predios ganaderos del Instituto Plan Agropecuario (Molina, 2020). Las moderadas tasas de ganancia de peso responden a la base forrajera considerada (campo natural) y su estacionalidad, así como a la carga animal y a la gestión del pastoreo.

En este sentido, los ciclos de ingreso-egreso de animales al sistema de pastoreo determinan oscilaciones estacionales, dependiendo del momento del año en que entran los animales. El modelo refleja la realidad productiva donde es de esperar que, sobre campo natural (con predominancia de gramíneas perennes estivales; Berretta, 2001), la ganancia de peso se incremente en primavera y verano, mientras que se reduzca en las estaciones frías.

Considerando la dinámica de gestión del pastoreo, en las simulaciones se observó que las grandes áreas sin subdivisiones (potreros 1 y 3) funcionan como buffer en la secuencia de rotación cuando la oferta de forraje es baja en el resto de los potreros. Los animales ingresaron en estas áreas en 20% de las veces que fueron movidos (en la simulación de 10 años).

Lo mismo ocurre con los potreros forestados (con ambos marcos de plantación), con ingreso de animales en momentos de baja disponibilidad de forraje en la rotación establecida, habiendo ingresado en 10% de los movimientos. Estos potreros acumulan forraje, no siendo priorizados en la secuencia de rotación de potreros preestablecida (potreros 7 a 31; utilizados en el 70% restante de los movimientos), siendo aprovechados entonces en momentos críticos por falta de forraje en la rotación de animales.

Conclusiones

El presente trabajo presenta una primera implementación utilizando el concepto de ABM en un caso de estudio uruguayo, incorporando otros modelos preexistentes desarrollados localmente. Principalmente, la dinámica "presa-predador" (sistema dinámico) en la relación animal-pastura, agregando el efecto del marco de plantación sobre los animales y la pastura. Asimismo, el modelo ABM resultante permite incorporar criterios de gestión del pastoreo definidos por el productor, en este caso de estudio.

Con esta base, es posible implementar un sistema complejo como lo es el silvopastoreo, en una plataforma ABM diseñada para estudiar interacciones entre entidades y su espacio físico, siendo una herramienta interesante para el análisis de proyecciones de largo plazo en la productividad de madera y carne.

El desafío es incorporar y mejorar las relaciones entre agentes, así como el cálculo de indicadores ambientales, para realizar escenarios realistas y adecuados a los sistemas de producción sustentables, con la esperanza de realizar sistemas de apoyo a la toma de decisiones.

Agradecimientos

Este proyecto cuenta con el apoyo financiero de la Comisión Sectorial de Investigación Científica de la Universidad de la República, Uruguay, proyecto CSIC 02100-500193-21.

Bibliografía

Berretta, E, J., Risso D, Bemhaja M., 2001. Producción de forraje en campo natural. En: Risso D, Berretta EJ, (eds). Tecnologías forrajeras para sistemas ganaderos de Uruguay. Montevideo: INIA. pp. 5-12.

Brazeiro, A., 2015. Eco-regiones de Uruguay: biodiversidad, presiones y conservación. Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay, pp. 130.

Dieguez, F., Fort, H., 2017. Towards scientifically based management of extensive livestock farming in terms of ecological predator-prey modeling. Agricultural Systems 153, 127-137.

Grimm, V., Railsback, S., Vincenot, C., Berger, U., Gallagher, C., DeAngelis D., Edmonds, B., Ge, J., Giske, J., Groeneveld, J., Johnston, A., Milles, A., Nabe-Nielsen, J., Polhill, J., Radchuk, V., Rohwäder, M., Stillman, R., Thiele, J., Ayllón, D., 2019. The ODD Protocol for Describing Agent-Based and Other

Simulation Models: A Second Update to Improve Clarity, Replication, and Structural Realism. Supplementary file S2. Journal of Artificial Societies and Social Simulation 23, 7.

Hirigoyen, A., Navarro-Cerrillo, R., Bagnara, M., Franco, J., Resquin, F., Rachid Casnati, C., 2021. Modelling taper and stem volume considering stand density in Eucalyptus grandis and Eucalyptus dunnii. iForest 14, 127-136.

LART, 2021. Laboratorio de análisis regional y teledetección. Universidad de Buenos Aires, Argentina, http://lart.agro.uba.ar/

Molina, C. 2020. Resultados del Monitoreo de Empresas Ganaderas. Ejercicio 2019/2020. Instituto Plan Agropecuario, Uruguay. https://www.planagropecuario.org.uy/uploads/monitoreos/35_Resumen%20Carpetas%20Verdes%202020.pdf

Pastor, J. 2011. Mathematical ecology of populations and ecosystems, A John Wiley & Sons, Ltd, Sussex, UK, pp. 344.

Railsback, S., Grimm, V., 2019. Agent-Based and Individual-Based Modeling. A practical Introduction. Princeton University Press. New Jersey, pp 340.

Pereira, M., Morales, H., 2015. Una forma diferente de trabajar: modelo de estados y transiciones como soporte de esquemas de manejo adaptativo. En: Construcción participativa de una plataforma de aprendizaje. Morales, H., Dieguez, F. (Eds.), Instituto Plan Agropecuario, Montevideo, Uruguay, pp. 182.

Rovira, P., 2002. Efecto de la sombra artificial en el engorde de novillos durante los meses de verano. En: Jornada anual de producción animal: resultados experimentales. INIA Treinta y Tres. Saravia, H., (ed.). Serie Actividades de Difusión INIA, 294, pp. 79-95.

Saravia, C., Astigarraga, L., Van Lier, E., Bentancur, O., 2011. Impacto de las olas de calor en vacas lecheras en Salto (Uruguay). Agrociencia Uruguay 15, 93-102.

Simeone, A., Beretta, V., Caorsi, C., 2014. Forestación y Ganadería: cuantificando el efecto de la sombra y el abrigo de los montes sobre la performance animal. Propuestas tecnológicas en Ganadería para un país agrícola, Ganadería y Forraje, UPIC, Facultad de Agronomía, Uruguay, pp. 24-27.

Ungar E. 2019. Perspectives on the concept of rangeland carrying capacity, and their exploration by means of Noy-Meir's two-function model. Agricultural Systems 173, 403-413.

Varela, F. 2019. Modelo de simulación para sistemas de silvopastoreo en regiones centro sur y sureste de Uruguay. Tesis de Maestría. Facultad de Agronomía, Universidad de la República, pp. 144.

Vayssieres, J., Vigne, M., Alary, V., Lecomte P., 2011., Integrated participatory modelling of actual farms to support policy making on sustainable intensification, Agricultural Systems., 104, 146–161.

Wilensky, U., 1999. NetLogo. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL. http://ccl.northwestern.edu/netlogo/

Planificación Predial Participativa: avances en la aplicación de una herramienta para la transformación sostenible de comunidades en la subregión La Mojana, Colombia

Participatory land planning: advances in the use of a tool for the sustainable transformation of communities in the La Mojana subregion, Colombia

*[1, *]J. A. Giraldo Urdinola; [1]J. J. Lopera-Marín; [1]J. C. Alfaro Robles; [1]S. A. Sierra Cáceres; [1]A. Galindo Ospina[1]; [1,2]L. D. Otálvaro Mejía[2]; [3]J. I. Bedoya Zuluaga; [3]D.I. Díaz.*

[1]Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria -CIPAV-. Carrera 25 # 6-62, Cali, Colombia.
[2]Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda -EARTH-. Guácimo, Limón, Costa Rica.
[3]Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo -PNUD Colombia- y Fondo Adaptación
[*]Autor para correspondencia: jgiraldo@fun.cipav.org.co

Proyecto 112383 Mojana Clima y Vida: Escalando las prácticas de gestión del agua resilientes al clima para las comunidades vulnerables de la Mojana. Componente *Adaptación Ganadera al Cambio Climático en la Subregión La Mojana: Herramientas participativas de ganadería sostenible*.

Resumen

La subregión La Mojana pertenece a la región del Caribe colombiano y la Depresión Momposina, que conforma uno de los deltas hídricos más complejos del mundo por tres de los ríos principales que nacen en la región Andina (río Cauca, San Jorge y Magdalena). Presenta gran riqueza a nivel de ecosistemas donde predominan múltiples ciénagas, caños, meandros, zapales y bosques inundables que requieren la reconversión productiva con modelos sostenibles de producción. La Planificación Predial Participativa (PPP) permite que estos procesos se den de manera exitosa al construir colectivamente acciones para la intervención y manteniendo un sistema de monitoreo que permite evaluar los cambios en el tiempo. El objetivo es presentar los avances de la aplicación metodológica de la PPP en 60 familias ganaderas dentro del proyecto *Mojana Clima y Vida: Escalando las prácticas de gestión del agua resilientes al clima para las comunidades vulnerables de la Mojana,* con un enfoque comunitario. Se identificaron a nivel de finca y comunitario aspectos productivos, ambientales y socioeconómicos con potencialidades como el sentido de pertenencia y arraigo por la tierra, conservación y transmisión de conocimientos y dinámica agropecuaria. Limitantes como el inadecuado manejo de los recursos naturales reflejado en una baja presencia de coberturas para conservación y falta de prácticas agroecológicas en los sistemas de producción. Esta caracterización favorecerá el diseño de estrategias de intervención que permitan atender las necesidades de los productores de forma sostenible.

Palabras clave: *comunidades demostrativas, finca, sostenible, territorio.*

Abstract

La Mojana subregion belongs to the Colombian Caribbean region and the Momposina Depression, which forms one of the most complex water deltas globally due to three of the main rivers that originate in the Andean region (Cauca, San Jorge, and Magdalena rivers). It has a wealth of ecosystems with a predominance of swamps, canals, meanders, zapales, and floodable forests that require productive reconversion with sustainable production models. Participatory Land-use Planning (PLP) allows these processes to be successful by collectively building actions for intervention and maintaining a monitoring system that allows changes to be evaluated over time. The objective is to present the progress of the methodological application of the PLP in 60 farming families within the *Mojana Clima y Vida project: Scaling up climate-resilient water management practices for vulnerable communities in Mojana*, with a community approach. At the farm and community level, productive, environmental, and socioeconomic aspects with potential were identified, such as the sense of belonging and attachment to the land, the conservation and transmission of knowledge and agricultural dynamics. Limitations such as the inadequate management of natural resources are reflected in the low presence of conservation cover and the lack of agroecological practices in production systems. This characterization will favor the design of intervention strategies to meet the needs of producers in a sustainable manner.

Keywords: *demonstrative communities, farm, sustainable, sustainable, territory.*

Introducción

La subregión La Mojana pertenece a la región fisiográfica del Caribe colombiano y a la región geográfica de la Depresión Momposina, abarcando 11 municipios de los departamentos de Sucre (Guaranda, San Marcos, Majagual, Sucre, Caimito y San Benito Abad), Bolívar (Magangué, San Jacinto del Cauca y Achí), Córdoba (Ayapel) y Antioquia (Nechí). Conforma uno de los deltas hídricos más complejos del mundo por tres de los ríos principales de la región Andina (río Cauca, San Jorge y Magdalena) generando una gran riqueza a nivel de ecosistemas donde predominan múltiples ciénagas, caños, meandros, zapales y bosques inundables (PNUD, 2021).

Sin embargo, en los últimos años el deterioro en ecosistemas naturales de esta subregión se ha acelerado generando desequilibrios ambientales, económicos y un malestar social que se reflejan en la falta de seguridad alimentaria, prolongación de los ciclos de inundaciones y sequías intensas, generando desempleo y aumentando el nivel de pobreza (DNP, 2012). Adicionalmente, la incorporación de prácticas inadecuadas sobre el suelo a

través de actividades productivas como el cultivo de arroz industrial y la ganadería convencional, que no generan mayor desarrollo ni valor agregado, han afectado los recursos naturales y la biodiversidad.

El proyecto *Mojana Clima y Vida: Escalando las prácticas de gestión del agua resilientes al clima para las comunidades vulnerables de la Mojana* liderado por el Fondo Adaptación del Gobierno de Colombia, el PNUD y el Ministerio de Ambiente dentro de sus desafíos ha considerado que la ganadería, además de ser un sistema productivo de importancia para promover el desarrollo social y económico, también puede ser una herramienta que en forma participativa adopte y genere estrategias de producción sostenible que contribuyan positivamente al ambiente y permita procesos de mitigación y/o adaptación al cambio climático.

De esta manera, el objetivo principal de este es construir participativamente un protocolo de ganadería sostenible para las condiciones de la región para reducir la presión e impactos negativos sobre los ecosistemas estratégicos. Esto permitirá generar una caja de herramientas que promueva la restauración productiva, conservando ecosistemas y produciendo en forma sostenible. En ese sentido, la ganadería sostenible parte de un uso armónico de los ecosistemas y sistemas productivos existentes en el agropaisaje, tomando como eje articulador la Planificación Predial Participativa (PPP) para la evaluación de indicadores de sostenibilidad (Galindo *et al*., 2011). Igualmente, la incorporación de sistemas silvopastoriles (SSP), entre otros usos de la tierra (Ayala Prieto *et al*., 2017) adaptados a las condiciones de la subregión de La Mojana, se convierten en una alternativa que articula procesos agroecológicos para la producción de biomasa a través de una vegetación estratificada, alimentos sanos, rehabilitación de suelos degradados, reciclaje de nutrientes, oferta de hábitat para organismos controladores biológicos, la protección y uso sustentable del agua, y la conservación y uso de la biodiversidad (Murgueitio *et al*., 2015).

La PPP es una herramienta diseñada por CIPAV como propuesta metodológica para capacitar y capturar información, y a su vez permite el análisis para la generación de un plan de acción específico para una finca o microcuenca (Arango Moreno, 2006). Es un proceso participativo en el que se definen los cambios en el uso de la tierra y en el manejo de los recursos a través de indicadores, que son necesarios para mejorar la sostenibilidad y la generación de bienes y servicios ambientales teniendo en cuenta el contexto histórico, su situación actual (ambiental, productiva y social) y los sueños o expectativas de las propietarios o comunidades en el corto, mediano y largo plazo (Galindo *et al*., 2011). Esta metodología también permite identificar relaciones entre los componentes de una finca o comunidad y el medio, conocer sus potencialidades y limitantes, fortalecer la soberanía alimentaria

humana y animal del territorio, utilizar adecuadamente los recursos disponibles, aportar al ordenamiento territorial a partir de procesos participativos, cambiar el uso de áreas frágiles, marginales y estratégicas para la restauración ecológica e intensificar la producción sostenible en áreas aptas para tal fin, entre otros.

Con todo lo anterior, el objetivo de este trabajo es presentar los avances de la aplicación metodológica de la PPP en 60 familias ganaderas dentro del proyecto *Mojana Clima y Vida: Escalando las prácticas de gestión del agua resilientes al clima para las comunidades vulnerables de la Mojana,* con un enfoque comunitario. Esto con el fin de proponer estrategias y acciones para la reconversión productiva bajo procesos agroecológicos y sostenibles, que permitan conservar los recursos naturales, aportar a los procesos de restauración ecológica y social, y hacer más eficientes los procesos productivos ganaderos de la región.

Materiales y métodos

Ubicación y selección de fincas (familias ganaderas) para la aplicación metodológica de PPP

El trabajo de PPP se realizó con familias ganaderas en 60 fincas ubicadas en 20 comunidades rurales en los municipios de Achí (departamento de Bolívar), Guaranda, Majagual y Sucre (departamento de Sucre) dentro de la subregión La Mojana. Las comunidades donde estuvieron presentes las fincas fueron tenidas en cuenta de acuerdo con la presencia de núcleos de restauración ecológica y caños priorizados de importancia dentro de estos, y un análisis de vulnerabilidad realizado por el PNUD dentro del proyecto *Mojana Clima y Vida*. El número de fincas establecido como muestra estadística se calculó con la metodología para *el muestreo aleatorio estratificado proporcional o representativo*, conociendo el tamaño de la población (Torres, 2006). El total de fincas dentro del área de influencia del proyecto como población conocida fue de 4430 familias ganaderas (ICA, 2020).

Aplicación metodológica de PPP

El trabajo inicial en las 60 fincas se basó en el levantamiento de la línea de base (LB). Se construyó un formulario electrónico (tipo encuesta) en ArcGIS Survey 123 el cual fue diligenciado por cada productor con ayuda de profesionales de campo. El contenido del formulario se basó en: *a) información general de la finca:* ubicación, nombre e identificación del propietario, nombre de la finca, tipo de tenencia, descripción del acceso a la finca, información biofísica, patrones climáticos y zonificación por usos del suelo; *b) información ambiental:* ubicación de la finca con relación a los

núcleos de restauración ecológica y caños priorizados, cuerpos de agua presentes en la finca, descripción y zonificación de áreas de conservación y caracterización de suelos; *c) información productiva:* fuentes de ingresos y rentabilidad de la finca, producción agrícola (tipos de cultivo, área y destino de la producción -venta vs. Autoconsumo-.), producción pecuaria (caracterización y parámetros productivos en bovinos, bufalinos, porcinos, peces y aves de corral), infraestructura y equipos; y *d) información social y cultural:* participación comunitaria, la finca, la familia y el enfoque de género, características de la vivienda, aspectos culturales y presencia institucional.

Adicionalmente, se construyó una cartilla acorde con las condiciones de la región con el fin de que cada familia ganadera consignara información complementaria de la finca: *a) funcionamiento, recursos con los que se cuenta, actividades productivas que se realizan y las condiciones de vida de la familia dentro esta*; *b) información básica sobre la comunidad donde se ubica la finca*; *c) identificación de los principales problemas con sus causas y efectos en temas ambientales, productivos y socioeconómicos*; *d) conceptualización de la finca ideal desde el entorno familiar diferenciando la definición para la mujer, los jóvenes y el hombre*; f*) construcción de mapa de la finca en su estado actual y de lo que sería la finca ideal*.

Con base en los resultados de la información colectada en la LB y cartilla se identificaron los aspectos más relevantes y sensibles que requieren especial atención en el corto, mediano y largo plazo desde el punto de vista de la sostenibilidad. Esto permitió construir 41 indicadores agrupados en la dimensión socioeconómica (19 indicadores), productiva (10 indicadores) y ambiental (12 indicadores). Cada indicador estuvo acompañado de una definición y una calificación que estuvo entre 1 y 5 (1 el puntaje más bajo y 5 el puntaje ideal). En la Tabla 1 se presenta el ejemplo de un indicador ambiental con sus descriptores y calificadores. Adicionalmente, dentro de la herramienta se incluyeron y acondicionaron elementos que componen los temas y subtemas de la metodología SAFA -Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems- (FAO, 2014). El propósito de la adaptación se hizo con el objetivo si en el corto, mediano y largo plazo, tanto los indicadores como temas y subtemas aportan a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Tabla 1. Ejemplo de indicador ambiental con sus descriptores

Indicador	Descripción	C	Situación correspondiente
Protección de fuentes de agua	Se refiere a todas las actividades que garanticen la protección de las fuentes de agua presentes en la finca (nacimientos, caños, ríos, ciénagas, zapales). Se entiende por proteger el evitar que las aguas y bosques que los circundan se afecten por alguna causa como deforestación, fuego, ganado o intervención humana, para lo que se usan obras como cercas, aislamientos, cerramientos o rondas.	5	Hay protección mayor al 81% de las fuentes de agua
		4	Entre el 61 y 80%
		3	Entre el 41 y 60%
		2	Entre el 21 y 40%
		1	La protección es menor del 20%

C: calificación

Las comunidades demostrativas son una estrategia que permitirá utilizar la arraigada integración de sus pobladores para realizar inversiones de restauración ecológica, reconversión productiva y permitir escenarios de conectividad social, biológica y productiva. Los modelos de ganadería sostenible basados en sistemas silvopastoriles en fincas ubicadas dentro de éstas se convierten en la alternativa con mayor viabilidad. La muestra estuvo basada en las 20 comunidades donde estuvieron presentes las 60 fincas y en las cuales se hizo el levantamiento de LB y PPP (4 comunidades rurales en el municipio de Guaranda, 3 en Majagual, 7 en Sucre y 6 en Achí). De acuerdo con los resultados de la LB y PPP se establecieron criterios para la selección de la o las Comunidades Demostrativas. Estos fueron calificados a través de una escala Likert ordenada con alternativa o valor intermedio (Matas, 2018). Los valores de calificación en la escala fueron de 1 a 3, siendo 1 el menor puntaje, 2 el valor intermedio y 3 como mayor puntaje. Cada criterio y cada valor dentro de la escala presentó un descriptor de apoyo (Tabla 2).

Tabla 2. Criterios de selección de c*omunidades demostrativas* y escala Likert de calificación

Criterio	Calificación		
	1	2	3
Cercanía entre las fincas beneficiarias que conforma las comunidades del proyecto.	Radio de dispersión entre grupos de fincas superior a 5 km	Radio de dispersión entre grupo de fincas de 2 a 4,9 km	Radio de dispersión entre grupos de fincas menor a 1,9 km
Grupos de comunidades del proyecto que sean colindantes, procurando la formación de núcleos comunitarios	La comunidad se encuentra aislada con otras comunidades del proyecto	La comunidad es colindante con 1 comunidad del proyecto	La comunidad es colindante con 1 o más comunidades del proyecto, bien sea de forma directa o por medio de la interconexión entre comunidades

Criterio	Calificación		
	1	2	3
Comunidades y grupos de fincas que se encuentren ubicadas en el área de influencia de los caños priorizados.	La comunidad y el grupo de fincas no se encuentran ubicadas en el área de influencia de los caños priorizados.	La comunidad y el grupo de fincas se encuentran en el área de influencia de los afluentes tributarios de los caños priorizados.	La comunidad y el grupo de fincas se encuentran ubicadas de forma directa sobre el área de influencia de los caños priorizados.
Comunidades en las cuales existen iniciativas o se han desarrollado proyectos de restauración ecológica, reconversión productiva, entre otros, con un cubrimiento bajo proyectos locales de tipo colectivo.	No se logran identificar iniciativas o proyectos desarrollados.	Se identifican iniciativas o proyectos de tipo local en el área de restauración ecológica.	Se identifican iniciativas o proyectos locales de tipo productivos, restauración ecológica, ganadería sostenible y otros.

Análisis de la información

La LB fue analizada con estadística descriptiva, presentando valores absolutos, promedios, porcentuales, rangos, entre otros. La información de PPP se presenta en gráficas radiales de acuerdo con la calificación para cada indicador. Los subtemas relacionados con sostenibilidad y su relación con ODS, se presentan en gráficas radiales según calificación derivada de los puntajes para cada indicador evaluado. La escala de Likert con criterios de selección y sus puntajes de calificación para la selección de las comunidades demostrativas fue objeto de un análisis de conglomerados jerárquico completo (análisis multivariante) con línea de corte (punteada) a una altura de 3.7. Se utilizó el software R Project (R Core Team, 2021) para el análisis de la información.

Resultados y discusión

Línea de base (LB) en 60 fincas ganaderas

Los resultados de la LB permitieron caracterizar las fincas a través de un ejercicio de diagnóstico participativo con cada una de familias donde se logró identificar la situación para cada caso en la dimensión socioeconómica,

ambiental y productiva. La mayor parte de las fincas cuentan con un área entre 5 y 30 ha, donde el uso del suelo predominante es potrero en un 74% del área total, mientras que sólo un 5% tiene coberturas de rastrojos o vegetación ribereña, pero con muy baja conservación, y no existen áreas de bosque (primarios y/o secundarios) a pesar de que el 78% de estas tienen internamente o en sus perímetros fuentes de agua como ríos, quebradas o ciénagas. En cuanto a la productividad las familias afirmaron que las fincas solo generan para cubrir los gastos o que generan utilidad de forma ocasional, lo cual se da probablemente por factores como el manejo extensivo del sistema ganadero donde 49 de las 60 fincas tienen cinco o menos potreros, y el 95% de estas utilizan periodos de ocupación de más de 10 días. Este tipo de manejo tiene una incidencia directa sobre la poca cantidad y calidad de forraje ofertado a los bovinos, afectando su ciclo productivo. Lo anterior, explica el balance negativo de la oferta forrajera en el 82% de las fincas en las diferentes épocas del año (lluvia y sequía), además de ocasionar problemas de afectación sobre el suelo, especialmente compactación y perdida de la cobertura vegetal por la actividad de sobrepastoreo.

PPP en 60 fincas ganaderas

A continuación, se presentan figuras con gráficas de telaraña con los resultados promedio del ejercicio de PPP en 60 familias ganaderas.

En la Figura 1 que muestra la dimensión ambiental se puede ver como los indicadores relacionados con el agua, el suelo y la presencia de bosque tienen calificaciones muy bajas (<2) debido al manejo inadecuado que se hace de estos recursos. Sin embargo, esto contrasta con el indicador de disponibilidad de áreas para restauración porque la mayoría de las familias manifestó estar dispuestas a cambiar de uso áreas para conservación. Asimismo, la estructura ambiental de las fincas se puede fortalecer en la medida que se mejoren indicadores relacionados con la incorporación de árboles y arbustos en los sistemas productivos, con arreglos como cercas vivas y árboles asociados a potreros y cultivos donde las calificaciones están en un rango entre 2 y 3.

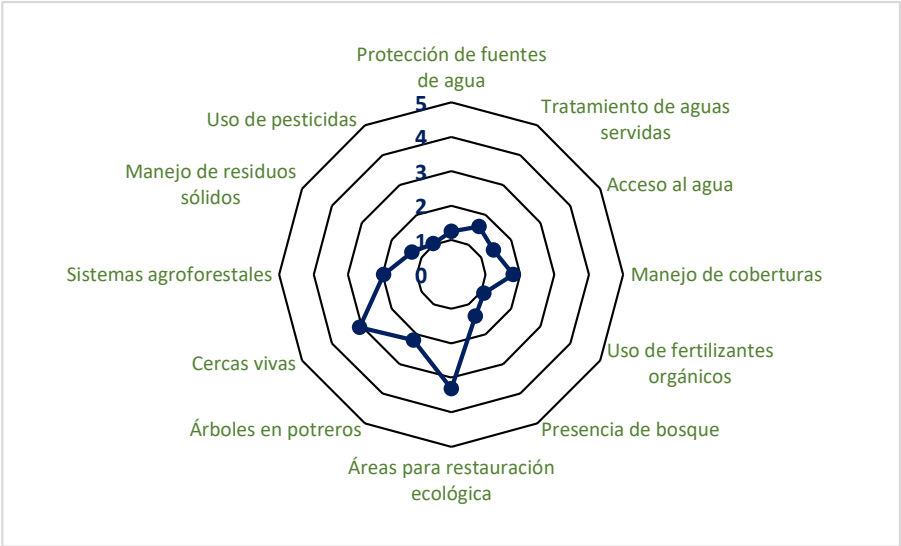


Figura 1. Valores promedio de los indicadores en la dimensión ambiental evaluados con herramienta de PPP en 60 familias ganaderas.

La estrategia planteada en los indicadores de la dimensión ambiental también tiene una incidencia directa en la mejoría de indicadores productivos como la oferta forrajera, el manejo de praderas, la suficiencia de alimentos para la familia y las especies menores y el autoabastecimiento de insumos y materiales que se presentan a continuación en la Figura 2. En la medida que se logre mejorar la oferta y diversidad de alimentos para los animales asociando sistemas silvopastoriles, los indicadores relacionados con variables productivas que tienen calificaciones entre bajas y medias por la poca disponibilidad y calidad de biomasa forrajera de los forrajes ofrecidos, deberán mejorar.

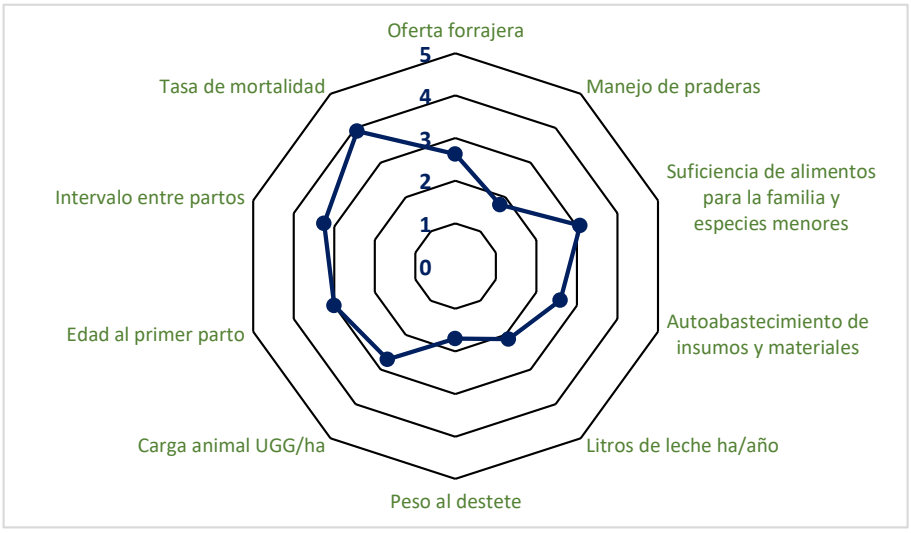


Figura 2. Valores promedio de los indicadores en la dimensión productiva evaluados con herramienta de PPP en 60 familias ganaderas

En cuanto a los indicadores socioeconómicos en la Figura 3 se puede ver que las calificaciones varían entre bajas y medias, y con la visión integral que la herramienta de PPP permite obtener de la finca y la familia, se puede afirmar que en la medida que se mejoran las condiciones ambientales y productivas, se acompaña el proceso para que se empiecen a afectar de forma positiva factores asociados al empoderamiento, la participación e igualdad de oportunidades de todos los miembros y especialmente visibilizar la importancia de rol de la mujer tanto en las fincas ganaderas como en las organizaciones comunitarias. También a la promoción hacia la integración y cohesión comunitaria que permita incidir en la mejoría de aspectos relacionados con indicadores de interés común. Además, esta visión integral de finca que la familia logra obtener les permite entender los procesos y usar los resultados como una herramienta sólida de negociación ante los entes territoriales, e integrarse a proyectos y ejercicios de planificación más amplios que se nutren con una visión aterrizada desde la base predial.



Figura 3. Valores promedio de los indicadores en la dimensión socioeconómica evaluados con herramienta de PPP en 60 familias ganaderas.

Selección de comunidades demostrativas

Durante el levantamiento de LB y la aplicación metodológica de la PPP se identificó una arraigada integración entre los pobladores de las diferentes comunidades rurales donde están ubicadas las 60 familias ganaderas. Esto propició dar un enfoque comunitario a las acciones e inversiones del proyecto con arreglos de restauración ecológica y reconversión productiva hacia modelos de ganadería sostenible basados en sistemas silvopastoriles en fincas ubicadas dentro de éstas, los cuales contribuyan a mejorar aspectos sociales y generar estrategias que permitan la conectividad biológica y productiva.

El dendograma de conglomerados (Figura 4) muestra dos grupos de comunidades. Las comunidades de color rojo y verde (lado izquierdo del dendograma) son las que tienen mayor puntaje en la calificación formando un solo conglomerado con dos categorías: el color rojo referencia a las comunidades élite y el color verde son las comunidades que le siguen según el puntaje de calificación. En un sentido práctico, el número de fincas que se seleccionen para posibles intervenciones pueden estar dentro del conglomerado total ubicado en la parte izquierda (rojo y verde) o en las categorías que se presentan. Esta selección dependerá de la dispersión por cercanía o lejanía de acuerdo con las estrategias a implementar de reconversión productiva y ambiental. Las comunidades de color azul y violeta (lado derecho del dendograma) son las que tienen menor puntaje en la calificación formando un solo conglomerado y no serán tenidas en cuenta para el abordaje como comunidades demostrativas.

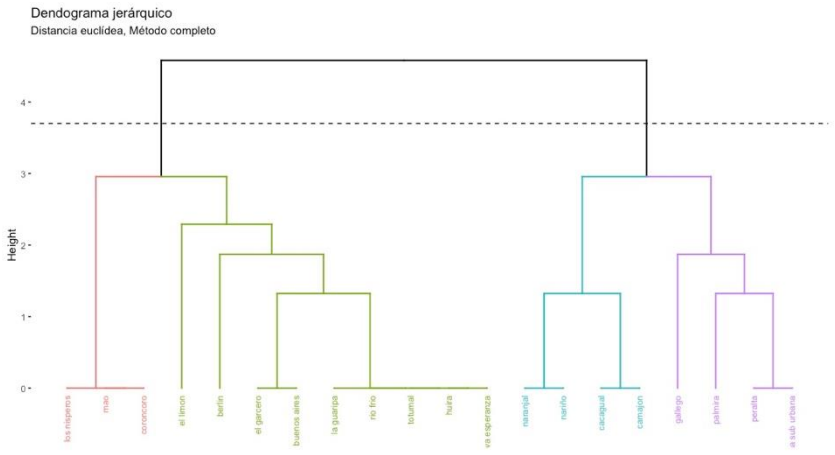


Figura 4. Dendograma de conglomerados para comunidades calificadas (comunidades con color rojo y verde -lado izquierdo- con mayor puntaje; comunidades con color azul y violeta – lado derecho- con menor puntaje).

Conclusiones

El levantamiento de LB y la calificación de indicadores realizada por las 60 familias participantes del proyecto dan luces sobre los aspectos que se requieren abordar, reforzar y mantener. Esto permitiría orientar recursos de inversión y esfuerzos en la dirección más prioritaria y adecuada. Para el presente caso, aspectos como la necesidad de consolidar la confianza entre comunidades y las entidades de apoyo, fortalecer el registro de información (productiva, ambiental) en fincas y abordar los temas de conservación y promoción de la biodiversidad, entre otros, se convierten en elementos clave a fortalecer y abordar en los trabajos que debe realizar el proyecto *Mojana Clima y Vida.*

La herramienta de PPP es un instrumento dinámico que, en su etapa inicial de desarrollo y apropiación con comunidades, requiere de procesos de validación y ajuste. Por ello se debe motivar a las familias para que se de continuidad al ejercicio por medio del monitoreo constante de los indicadores, y definir un plan de acciones concretas que permitan mejorar las situaciones con estrategias en el corto, mediano y largo plazo. De acuerdo con el análisis de los resultados de calificación indicadores y sus respectivos subtemas, se evidencia que existe prioridad de intervención en acciones que beneficien los recursos agua y suelo, en los que se identificaron una serie de pasivos ambientales derivados de acciones antrópicas que los afectan. Por ello es fundamental desarrollar un plan de restauración ecológica en el que se materialice la voluntad a ceder áreas para conservación manifestada por las familias; y a la par fortalecer acciones de reconversión productiva incorporando a los sistemas agropecuarios elementos de agroforestería y propuestas de manejo con principios agroecológicos.

La incorporación de sistemas agroforestales y silvopastoriles juegan un papel fundamental desde la conservación y sostenibilidad, porque permiten la producción de alimentos para las familias, especies menores y ganadería en sistemas diversificados, y contribuyen de este modo con otros temas de calificación baja como la biodiversidad, diversidad productiva y mejoramiento de parámetros en el sistema ganadero que es la principal fuente de ingresos para las familias.

El proceso de mejoramiento productivo y ambiental en los predios se debe dar de forma paralela con trabajo social en torno al intercambio y recuperación de conocimientos tradicionales, capacitación técnica y diálogo de saberes, que permitan generar cohesión entre las familias y las comunidades para lograr desarrollo colectivo. Asimismo, el mejoramiento de la estructura ambiental y productiva de las fincas debe permitir una mayor capacidad de reinversión que genere bienestar para las familias, y mayor resiliencia en los predios y la región. Además, todas las acciones de los programas y proyectos deben propender por lograr igualdad de oportunidades para mujeres, jóvenes y niños, la cual se manifieste en acceso a los recursos, oportunidades de educación, liderazgo y agremiación, entre otros. El enfoque comunitario, cobra mayor importancia si las acciones a implementar en el territorio a través de fincas y sus familias ganaderas se diseñan en forma participativa con visión de gestión del territorio para que permita una mayor cohesión social, la restauración de ecosistemas naturales y/o sensibles y la producción sostenible.

Agradecimientos

Los autores agradecen a todas las familias ganaderas de la subregión La Mojana que proactivamente han querido participar en este proceso con el objetivo de querer mejorar sus condiciones socioecónomicas, ambientales y productivas. También agradecen al proyecto *112383 Mojana Clima y Vida: Escalando las prácticas de gestión del agua resilientes al clima para las comunidades vulnerables de la Mojana.* Componente *Adaptación Ganadera al Cambio Climático en la Subregión La Mojana: Herramientas participativas de ganadería sostenible,* por sumarse y contribuir al territorio y permitir que estas iniciativas contribuyan de forma positiva a la transformación sostenible de la subregión.

Bibliografía

Arango Moreno, H., 2006. Una herramienta digital para la planificación predial participativa. *Leisa, 22*(1). https://www.leisa-al.org/web/index.php/volumen-22-numero-1/1993-una-herramienta-digital-para-la-planificacion-predial-participativa

Ayala Prieto K., Melo Velandia A., Zuluaga Salazar A., Chica Sepúlveda D., Gómez Botero J., Uribe F., Chará J., Alvarado Cortés, C., 2017. Manual de Usos de la Tierra. Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible. Primera edición, pp.32. http://ganaderiacolombianasostenible.co/web/index.php/2017/12/27/manual-de-usos-de-la-tierra-mut/

DNP (Departamento Nacional de Planeación)., 2012. Plan integral de ordenamiento ambiental y desarrollo territorial de la región de La Mojana. Documento de caracterización. Bogotá D.C., Colombia. pp. 90. http://www.planesmojana.com/documentos/estudios/27.plan%20integral%20de%20ordenamiento%20ambiental%20mojana.pdf

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations)., 2014. SAFA - Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems. Guidelines, Versión 3.0. FAO. Roma. pp 268. http://www.fao.org/nr/sustainability/sustainability-assessments-safa/en/

Galindo, V., Uribe, F., Zapata, A., Solarte, L., Murgueitio, E., Zapata, P., Osorio, C., Ayala, O., 2011. Planificación predial participativa. Plan de mejoramiento ganadero. Proyecto Asistegan. Ola Invernal 2010-2011. Ed. Federación Colombiana de Ganaderos. Bogotá, Colombia. Disponible en: https://es.slideshare.net/Fedegan/cartilla-2010-2011empresaganaderaplanmejoramientoganadero2

ICA (Instituto Nacional Agropecuario)., 2021. Censo Pecuario Nacional. Censo bovino en Colombia 2019. https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2018.aspx

PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). (24 de abril de 2021). Mojana: clima y vida: disponible en: https://www.co.undp.org/content/colombia/es/home/projects/mojana-clima-y-vida.html

Matas, A., 2018. Diseño del formato de escalas tipo Likert: un estado de la cuestión. *Revista Electrónica de* Investigación Educativa 20(1), 1-10. https://doi.org/10.24320/redie.2018.20.1.1347

Murgueitio E., Xóchitl Flores M., Calle Z., Chara J., Barahona R., Molina C.H., Uribe F., 2015. Productividad en sistemas silvopastoriles intensivos en América Latina. En: Montagnini F., Somarriba E., Murgueitio E., Fassola H. y Eibl B. 2015. Sistemas Agroforestales. Funciones Productivas, Socioeconómicas y Ambientales. Serie técnica. Informe técnico 402. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Editorial CIPAV, Cali, Colombia. pp. 454. http://www.cipav.org.co/publicaciones/publicaciones.html#libros

R Core Team., 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org/.

Torres, M., 2006. Tamaño de una muestra para una investigación de mercado. Boletín electrónico 2, 1-13. http://fgsalazar.net/LANDIVAR/ING-PRIMERO/boletin02/URL_02_BAS02.pdf

Competencia de dos forrajeras templadas en respuesta al sombreo

Competition of two temperate species in response to shading

*P Re [1,2,3] *; M.L. Gatti [1]; P.S. Cornaglia [1].*

[1]Cátedra de Forrajicultura, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. [2]Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA Delta del Paraná. [3]CONICET.
**paulare@agro.uba.ar Av. San Martín 4453, C1417, CABA, Argentina.*

Resumen

La competencia es la interacción entre individuos, provocada por un requerimiento compartido de un recurso limitado, que conduce a una reducción en el desempeño de al menos uno de los individuos competidores. Uno de los principales recursos limitantes en los sistemas silvopastoriles es la escasa disponibilidad de luz bajo el dosel de arbóreas caducifolias, siendo pocas las especies de ciclo otoño-inverno-primaveral que toleran dichas condiciones. Ha sido documentada la tolerancia y evasión al sombreo del pasto ovillo (PO, *Dactylis glomerata* L.) y del trébol blanco (TB, *Trifolium repens* L.). La mezcla gramínea-leguminosa es beneficiosa ya que aumenta la productividad y la persistencia. Por ello, es importante determinar cómo la intensidad de la competencia entre especies puede ser modificada por el sombreo. El objetivo del trabajo fue determinar los cambios en la intensidad de la competencia para estas dos especies en función del nivel de sombreo. El ensayo duró dos años y se realizó en 54 macetas -27 para cada año-, con un diseño en parcelas divididas en 3 bloques completos aleatorizados. Las parcelas principales fueron los tres niveles de sombreo: cielo abierto (CA, sin sombreo, ≈916,5 µmol $m^{-2}s^{-1}$) y dos niveles de reducción lumínica (30%S y 60%S; 664 y < 237 µmol $m^{-2}s^{-1}$). El sombreo se simuló con estructuras de madera. La parcela dividida fue el tipo de cultivo y tuvo tres niveles: monocultivo de PO, monocultivo de TB y mezcla PO+TB -6 plantas por maceta-. Se realizaron cortes de biomasa durante los dos años. Se determinó la biomasa bruta aérea (B) y se calculó el índice de competencia relativa (RCI= B monocultivo – B mezcla/B monocultivo). Se realizó un ANOVA y una prueba de Tukey de comparación de medias (p ≤0,05) para cada año. No existió efecto del sombreo sobre el RCI en los dos años analizados (p=0.0713; p=0.7995), posiblemente vinculado a que las especies son tolerantes a los valores de sombreo evaluados. Sin embargo, las especies tuvieron un comportamiento diferencial entre años (Fig. 1). En el primer año ambas especies presentaron un RCI positivo, es decir que fueron afectadas negativamente por la presencia de la otra especie; TB en mayor medida (p=0.0021). En el segundo año, TB presentó un comportamiento similar, pero PO un RCI negativo (p=0.0001). Este cambio de PO es particularmente relevante ya que produjo más en la mezcla que en su monocultivo. Estos

resultados son coincidentes con otros estudios que demostraron una mayor cobertura de PO cuando crece junto a TB, pudiendo ser atribuido a una activa transferencia de nitrógeno de la leguminosa acompañante en el segundo año. Por el contrario, para TB, un vecino PO fue siempre perjudicial. En las condiciones evaluadas, las especies compitieron de manera diferencial; una vez implantadas la competencia favoreció al PO y perjudicó al TB independientemente del nivel de sombreo hasta < 237 µmol $m^{-2}s^{-1}$.

Palabras clave: *índice de competencia relativa, pasto ovillo, trébol blanco, C3, sistema silvopastoril.*

Abstract.

Competition is the interaction between individuals, caused by a shared requirement of a limited resource, which leads to a reduction in the performance of at least one of the competing individuals. The main limiting resources in silvopastoral systems is the scarce availability of light under the canopy of deciduous trees, with few species of autumn-winter-spring cycle that tolerate these conditions. It has been documented that orchard grass (OG, *Dactylis glomerata* L.) and white clover (WC, *Trifolium repens* L.) showed tolerance and avoidance responses to shading. Grass-legume mixtures are beneficial as they increase productivity and persistence. Therefore, it is important to determine how competition intensity between species can be modified by shading. The objective of this study was to determine the effect of shade on competition intensity between OG and WC. The experimental design consisted of 54 pots -27 for each year- in a split-plot design in a randomized block with three replicates. The main plot was shading level: without shade (CA, ≈916.5 µmol $m^{-2}s^{-1}$), 30% (664 $m^{-2}s^{-1}$) and 60% (<237 µmol $m^{-2}s^{-1}$). Wooden structures were used to simulated shade. The subplot was crop type: OG monoculture, WC monoculture and OG + WC mixture -6 plants per pot-. Aerial biomass was determined for two years and relative competition intensity was calculated (RCI = B monoculture - B mix / B monoculture). ANOVA and Tukey test ($p \leq 0.05$) were performed divided for each year. Non-significant differences were detected among the shading treatments in evaluated years ($p = 0.0713$; $p = 0.7995$), possibly linked to the fact that the species are tolerant to evaluated shading levels. However, species had differential behavior between years. In the first year, both species presented a positive RCI. This means they were negatively affected by another species; WC was affected to a greater extent ($p = 0.0021$). In the second year, WC presented similar behavior, but OG presented negative RCI ($p = 0.0001$). This change is relevant since it produced more in mixture than in monoculture. These results are consistent with other studies that demonstrated greater cover when OG grow in mixture with WC and could be attributed to nitrogen transfer from the legume in the second year. On the

contrary, for WC, OG neighbor always was detrimental. In the evaluated conditions, the species competed differentially; once plants were implanted, competition favored OG and was detrimental to TB regardless of the level of shading up to <237 µmol $m^{-2}s^{-1}$.

Keywords: *relative competition intensity, light stress, orchardgrass, white clover, C3, silvopastoral system.*

Agradecimientos

Trabajo subsidiado por UBACyT 20020170100442BA.

Árboles y arbustos asociados a sistemas silvopastoriles y bosques en predios ganaderos del valle del río Cesar, Colombia

Trees and shrubs in silvopastoral systems and forests in cattle farms of the Cesar river valley, Colombia

L.P Giraldo Sánchez; Z. Calle Díaz; M. Hernández Smith; A. Giraldo Sánchez; J. Chará Orozco

Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria-CIPAV. Cra. 25 # 6-62 Cali, Colombia. lina@fun.cipav.org.co

Los sistemas silvopastoriles han sido promovidos en el valle del río Cesar, Colombia, como parte de una estrategia para mejorar la productividad de la ganadería y los servicios ecosistémicos en la región. El ecosistema en esta zona corresponde a bosque seco tropical (BST), uno de los más amenazados en Colombia donde sólo se conserva cerca del 4% del área original. En este trabajo se estudió la diversidad, estructura (altura, densidad de tallos) y composición de la vegetación asociada a sistemas silvopastoriles y bosques en predios ganaderos situados en los municipios de Valledupar, Agustín Codazzi, San Diego (Cesar) y Fonseca, La Jagua del Pilar, San Juan del Cesar (Guajira). Se evaluaron 32 parcelas de 0,1 hectáreas distribuidas en sistemas silvopastoriles intensivos (*Leucaena leucocephala,* pastos y árboles), potreros con árboles dispersos, bancos mixtos de forraje y relictos de bosque. En cada parcela se realizó un inventario de las plantas con DAP (diámetro a la altura del pecho) superior a 2,5 cm y se determinó la altura de los individuos. En total se registraron 1852 individuos, distribuidos en 281 morfoespecies, 109 géneros y 44 familias. Las familias más abundantes fueron Fabaceae (35%), Bignoniaceae (7,5%) y Myrtaceae (6,7%); las especies con mayor número de individuos fueron *Leucaena leucocephala*, *Roseodendron chryseum*, *Eucalyptus* cf. *tereticornis* y *Saccharum officinarum*. Los fragmentos de bosque y bosques ribereños presentaron la mayor abundancia y riqueza de especies, seguidos de las parcelas de bancos mixtos de forrajes y potreros con árboles dispersos. Los sistemas silvopastoriles con mayor densidad de tallos fueron los bancos mixtos de forraje y los silvopastoriles intensivos. Los sistemas evaluados se caracterizaron por tener especies con alturas por debajo de 10 metros. Los árboles de mayor porte fueron *Peltogyne purpurea, Enterolobium cyclocarpum, Anacardium excelsum, Ceiba pentandra,* y *Albizia saman,* los cuales se encontraron en los relictos de bosque y potreros con árboles dispersos. Los sistemas silvopastoriles albergaron 14,2% de las especies encontradas en el paisaje, incluyendo varias con valor de conservación. Estos sistemas, integrados a la red de bosques y corredores ribereños del paisaje ganadero, hacen una contribución a la diversidad florística en el valle del río Cesar y protegen especies de interés para la conservación.

Palabras clave: *Ganadería, bosque, sistemas silvopastoriles, vegetación.*

Silvopastoral systems have been promoted as part of a strategy to improve livestock productivity and ecosystem services in the Cesar River Valley, Colombia. The ecosystem in this region is the tropical dry forest (TDF), one of the most threatened in Colombia where only the 4% of the original area is conserved. We studied plant species composition, diversity and vegetation structure (height, stem density) in silvopastoral systems and forests fragments in cattle farms located in the municipalities of Valledupar, Agustín Codazzi, San Diego (Cesar) and Fonseca, La Jagua del Pilar, San Juan del Cesar (Guajira). Thirty-two plots of 0.1-hectare were evaluated in intensive silvopastoral systems (*Leucaena leucocephala*, pastures and trees), pastures with scattered trees, mixed forage banks and forest remnants. In each plot, we carried out an inventory of the plants with DBH (diameter at breast height) greater than 2.5 cm and measured tree height. A total of 1852 individuals were recorded, distributed in 281 morphospecies, 109 genera and 44 families. Fabaceae (35%), Bignoniaceae (7.5%) and Myrtaceae (6.7%) were the most abundant families, while *Leucaena leucocephala, Roseodendron chryseum, Eucalyptus* cf. *tereticornis* and *Saccharum officinarum* were the species with the highest number of individuals. Forest fragments and riparian forests showed the highest abundance and species richness, followed by the plots of mixed forage banks and pastures with scattered trees. The silvopastoral systems with the highest stem density were mixed forage banks and intensive silvopastures. Most plots had trees with heights under 10 meters. The largest trees were *Peltogyne purpurea, Enterolobium cyclocarpum, Anacardium excelsum, Ceiba pentandra,* and *Albizia saman*, found in forest fragments and pastures with scattered trees. Silvopastoral systems harbored 14.2% of the species found in the landscape, including several of conservation concern. These tree-based systems, integrated with the network of forest fragments and riparian corridors contribute to the floristic diversity in ranching landscape of the Cesar valley and protect some species of conservation interest.

Keywords: *Livestock, forest, silvopastoral systems, vegetation.*

Contenido de carbono en biomasa aérea de *Leucaena leucocephala* consorciada con pasturas para la producción bovina de carne en Paraguay

Carbon content in aerial biomass of *Leucaena leucocephala* consortium with pastures for bovine meat production in Paraguay

R. Martínez-López; O. Niz; M.I. Díaz Lezcano; L. Centurión.

Universidad Nacional de Concepción. Universidad Nacional de Asunción. Código postal N° 111421. Mcal. Estigarribia Km 10,5, San Lorenzo, Paraguay. robertomartinezlo@vet.una.py

Resumen

La deforestación para el establecimiento de pasturas mejoradas en ganadería bovina, es uno de los principales cambios en el uso de la tierra y en la actualidad, las áreas de gramíneas forrajeras continúan incrementándose, incorporándose las arbustivas hacia una visión silvopastoril. Esto representaría una plusvalía, y más, como agentes en el secuestro de carbono (C). En Paraguay, la producción bovina para carne es el primer rubro pecuario debido a su importancia socioeconómica. Así, el objetivo del trabajo fue estimar el C contenido en la biomasa aprovechable de *Leucaena leucocephala*, establecida en áreas de Pasto Colonial (*Panicum maximum*), bajo un modelo silvopastoril para producción bovina de carne, en Concepción, Paraguay. Se estimó el almacenamiento de C (Mg/ha), en tres momentos con intervalos de 30 días entre los registros, en un periodo invernal (entre junio y setiembre). Para ello, se procedió a la selección aleatoria de árboles en tres parcelas de 25x15 metros (m), aplicándose la técnica del muestreo dirigido a las secciones más tiernas (hojas y ramitas), de cada una de las 15 unidades, las cuales fueron señaladas a efectos de medir las mismas plantas en muestreos posteriores. Fue determinada la Materia Verde (MV) con una balanza electrónica y posteriormente, secada en estufa a 105ºC. La Materia Seca (MS) fue multiplicada por 0,5 para la estimación de C. Los datos se analizaron mediante el software R, empleando la estadística descriptiva y el análisis de varianza (muestras repetidas), con un nivel de significancia del 5%. Los resultados mostraron que, en el periodo inicial de registro, el contenido promedio de C fue igual a 0,33 Mg/ha sobre 1,04 Mg/ha de MV (con 63,22 % de MS y 3,34 m de altura máxima de planta (H)); mientras que en el segundo momento el valor de C fue 0,39 Mg/ha sobre 1,00 Mg/ha de MV (con 63,58 % de MS y 3,34 m de H) y en el tercer muestreo; 0,47 Mg/ha de C sobre 0,95 Mg/ha de MV (con 62,62% de MS y 3,56 m de H). Aunque los contenidos de C fueron similares en los tres momentos, se observó mayor captación hacia la etapa final del muestreo. Según los intervalos de confianza al 95%, los datos presentaron mayor heterogeneidad en el primer y último registro. Finalmente, el análisis inferencial indicó que no hay suficiente evidencia para afirmar diferencias significativas entre los valores promedio

de C en los tres momentos evaluados (p>0,05), en la zona del estudio. Cabe mencionar que, la *Leucaena* además de ser utilizada para el consumo animal mediante el ramoneo, también es empleada para el forraje de corte y como fuente de sombra para los animales del establecimiento. Si bien, la *Leucaena* como arbustiva forrajera incluida en sistemas con pasturas donde pueden contribuir a potenciar la ganadería bovina en general, en este trabajo, no fue constatada una mayor capacidad de almacenamiento de C, desde el consorcio formado por leguminosa-gramínea, en época invernal paraguayo. Nuevos estudios son necesarios, para profundizar sobre esta fundamental característica: el ciclo real del C en producción animal.

Palabras clave: *ganadería, forrajes, silvopastoril, pastoreo, materia seca.*

Abstract

Deforestation for the establishment of improved pastures in cattle ranching is one of the main changes in the use of the land and at present, the areas of forage grasses continue to increase, incorporating the shrubs towards a silvopastoral vision. This would represent an added value, and more, as agents in carbon sequestration (C). In Paraguay, bovine meat production is the first livestock item due to its socioeconomic importance. Thus, the objective of the work was to estimate the C content in the usable biomass of *Leucaena leucocephala*, established in areas of Colonial Pasture (*Panicum maximum*), under a silvopastoral model for bovine meat production, in Concepción, Paraguay. The storage of C (Mg/ha) was estimated, in three moments with intervals of 30 days between the records, in a winter period (between June and September). For this, we proceeded to the random selection of trees in three plots of 25x15 meters (m), applying the technique of sampling directed to the most tender sections (leaves and twigs), of each of the 15 units, which were indicated in order to measure the same plants in subsequent samplings. The Green Matter (MV) was determined with an electronic balance and later, dried in an oven at 105ºC. The Dry Matter (DM) was multiplied by 0.5 for the estimation of C. The data were analyzed using the R software, using descriptive statistics and the analysis of variance (repeated samples), with a significance level of 5%. The results showed that in the initial period of registration, the average content of C was equal to 0.33 Mg/ha over 1.04 Mg/ha of MV (with 63.22% DM and 3.34 m of maximum height plant (H)); while in the second moment the value of C was 0.39 Mg/ha over 1.00 Mg/ha of MV (with 63.58% of DM and 3.34 m of H) and in the third sampling; 0.47 Mg/ha of C over 0.95 Mg/ha of MV (with 62.62% of DM and 3.56 m of H). Although the C contents were similar in the three moments, a greater uptake was observed towards the final stage of the sampling. According to the 95% confidence intervals, the data showed greater heterogeneity in the first and last records. Finally, the inferential analysis

indicated that there is not enough evidence to affirm significant differences between the average values of C at the three moments evaluated ($p>0.05$), in the study area. It is worth mentioning that, in addition to being used for animal consumption through browsing, *Leucaena* is also used for cutting forage and as a source of shade for the animals of the establishment. Although *Leucaena* as a fodder shrub included in systems with pastures where they can contribute to enhancing bovine livestock in general, in this work, a greater storage capacity of C was not verified, from the consortium formed by legume-grass, at the time Paraguayan winter. New studies are necessary to delve into this fundamental characteristic: the real C cycle in animal production.

Keywords: *livestock, forages, silvopastoral, grazing, dry matter.*

INICIO
CRÉDITOS
COMITÉS
CONTENIDO
SECCIÓN I
SECCIÓN II
SECCIÓN III
SECCIÓN IV

Contenido de carbono en la biomasa de tres sistemas forrajeros utilizados en pastoreo invernal para ganadería bovina, Concepción de Paraguay

Carbon content in the biomass of three forage systems used in winter grazing for cattle, Concepción de Paraguay

R. Martínez-López; O. Niz; L. Centurión; M.I. Díaz Lezcano.

Universidad Nacional de Concepción. Universidad Nacional de Asunción. Código postal N° 111421. Mcal. Estigarribia Km 10,5, San Lorenzo, Paraguay. robertomartinezlo@vet.una.py

Resumen

Los sistemas agrosilvopastoriles contribuyen al secuestro de carbono (C) atmosférico, siendo por tanto sustancial monitorear los niveles de C en la biomasa herbácea y arbórea, como parte del proceso dinámico de este elemento, teniendo en cuenta que son bastantes activas las prácticas agropecuarias en Paraguay. El objetivo consistió en estimar el contenido de C en la biomasa correspondiente a tres sistemas de pastoreo de ganadería bovina: (1) *Brachiaria brizantha cv Marandú,* solo; (2) *Panicum máximum cv Colonial*, solo; (3) *Leucaena leucocephala* consorciada con Colonial. El operativo de campo fue ejecutado durante un periodo invernal paraguayo (entre junio y septiembre), en una finca privada, con dimensión total de 410 hectáreas (ha) en el Departamento de Concepción, Paraguay. El área de pastoreo directo formado por tres sistemas subdivididos (1,2,3), al momento de la carga animal provenían de un mes de reposo. La biomasa herbácea fue recolectada a través de un cuadro de 1m^2 (metro al cuadrado). La toma de muestras se realizó de manera aleatoria, estableciendo un transepto en diagonal a cada parcela matriz de 75x15m (considerada de manera independiente para cada sistema) uniendo 2 vértices opuestos. Posteriormente, se procedió a cortar toda la biomasa a 15 centímetro (cm) del suelo, dentro del área delimitada por el cuadro referido. En lo concerniente a la biomasa arbustiva, para el relevamiento de datos se procedió a la selección aleatoria de árboles en tres parcelas de 25x15 m, mediante la técnica del muestreo dirigido a las secciones más tiernas (hojas y ramitas, simulando la cosecha por parte del animal y su incidencia en la dinámica de C) de cada una de las 15 unidades de observación elegidas. Luego, se determinó el peso fresco con una balanza electrónica y fueron secadas en estufas de laboratorio (a 105ºC). Obtenido el valor de la materia seca (MS), fue multiplicada por 0,5 para la estimación del C. Los datos fueron analizados empleando primeramente una estadística descriptiva, luego el análisis de varianza y finalmente, se aplicó el test de Tukey bajo un nivel de significancia del 5%, mediante el software R. Los resultados descriptivos indicaron que el nivel promedio más bajo de C correspondió a la *Brizantha*

(2,28±0,89) con 70,35% de MS al momento del análisis; mientras que el valor más alto se registró en el Colonial (C= 5,99±1,49) con 79,02% de MS. Mediante el análisis inferencial se constató que existen valores promedio de C en biomasa significativamente diferentes entre la *Brizantha* y los otros dos sistemas (2,3) ($p<0,05$). El Colonial (a) estuvo por encima del *Brizantha* (b), esto se debería al volumen de biomasa existente en el Colonial, además de su hábito de crecimiento Erecto-Matoso, superando al *Brizantha* en carácter de Erecto-Decumbente (hábito) con menor volumen exhibido y registrado en el trabajo, lo cual estaría en directa relación con la dinámica de C atmosférico. No obstante, la *Leucaena* consorciada con Colonial, además de aportar buenos niveles de proteína al ganado e incorporar nitrógeno al suelo, contribuye de manera estratégica y aliada al secuestro de C, colaborando en el equilibrio.

Palabras clave: *materia seca, forraje, silvopastoril, parcela, pastura.*

Abstract

Agrosilvopastoral systems contribute to the sequestration of atmospheric carbon (C), therefore it is essential to monitor C levels in herbaceous and arboreal biomass, as part of the dynamic process of this element, taking into account that agricultural practices in Paraguay are quite active. The objective was to estimate the C content in the biomass corresponding to three cattle grazing systems: (1) *Brachiaria brizantha cv Marandú*, alone; (2) *Panicum maximum cv Colonial*, alone; (3) *Leucaena leucocephala* consortium with Colonial. The field operation was carried out during a Paraguayan winter period (between June and September), on a private farm, with a total dimension of 410 hectares (ha) in the Department of Concepción, Paraguay. The direct grazing area formed by three subdivided systems (1,2,3), at the time of the animal load came from a month of rest. The herbaceous biomass was collected through a 1m2 (square meter) table. Sampling was carried out randomly, establishing a diagonal transept to each 75x15m matrix plot (considered independently for each system) joining 2 opposite vertices. Subsequently, all the biomass was cut at 15 centimeter (cm) from the ground, within the area delimited by the referred table. Regarding the shrub biomass, for the data collection we proceeded to the random selection of trees in three plots of 25x15 m, through the technique of sampling directed to the most tender sections (leaves and twigs, simulating the harvest by the animal and its impact on the dynamics of C) of each of the 15 chosen observation units. Then, the fresh weight was determined with an electronic balance and they were dried in laboratory ovens (at 105ºC). Once the value of dry matter (DM) was obtained, it was multiplied by 0.5 for the estimation of C. The data were analyzed using first a descriptive statistic, then the analysis of variance and finally, the Tukey test was applied under a level 5% significance, using R

software. The descriptive results indicated that the lowest average level of C corresponded to *Brizantha* (2.28±0.89) with 70.35% DM at the time of analysis; while the highest value was registered in Colonial (C= 5.99±1.49) with 79.02% DM. Through inferential analysis, it was found that there are significantly different average values of C in biomass between Brizantha and the other two systems (2,3) ($p < 0,05$). The Colonial (a) was above the *Brizantha* (b), this is due to the volume of biomass existing in the Colonial, in addition to its Erect-Matoso growth habit, surpassing the Brizantha as Erect-Decumbent (habit) with less volume exhibited and recorded in the work, which would be in direct relation to the dynamics of atmospheric C. However, the *Leucaena* consortium with Colonial, in addition to providing good levels of protein to livestock and incorporating nitrogen into the soil, contributes in a strategic and allied way to the sequestration of C, collaborating in the balance.

Keywords: *dry matter, forage, silvopastoral, plot, pasture.*

Producción forrajera en sistemas silvopastoriles sobre pastizales en el norte de Corrientes, Argentina

Forage production in grassland´s silvopastoral systems in northeast Corrientes, Argentina

Rossner, M.B.[1]; Kimmich, G. [1]; Corró, F. [1]; Ziegler, A. [1]; Loto, M.[3]; Schenone, R. [1,2]; Colcombet, L. [3]; González, P. [3]

[1] Delegación Provincia de Corrientes, Facultad de Ciencias Agrarias y Veterinarias, Universidad del Salvador. mbelen.rossner@usal.edu.ar
[2] Forestal Bosques Del Plata S.A.
[3] Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

Resumen

Los sistemas silvopastoriles (SSP) comprenden un conjunto de tecnologías aplicadas a la producción agropecuaria, cuyas características son el manejo sostenible del suelo, combinando la producción de cultivos, animales y especies forestales en forma simultánea o secuenciada sobre la misma superficie de tierra (Fassola, 2010). En Argentina, tuvieron un desarrollo importante en los últimos 15 años, aunque en la Mesopotamia las combinaciones ganaderas en forestaciones son anteriores (Peri, 2012). En Misiones y Corrientes, se han desarrollado a partir de la entrada del ganado a las plantaciones forestales. Corrientes es además la provincia con mayor superficie forestal implantada del país, principalmente con especies de los géneros *Eucaliptus* y *Pinus*. La implantación se realiza mayormente sobre campos de pastizal, por lo que los sistemas silvopastoriles se constituyen sobre un ambiente con una determinada productividad y composición florística que se modificará con la sombra de los árboles y que, a su vez, podría modificar la dieta de los animales. En la actualidad, la ganadería ovina en el Norte correntino surge como una actividad económica y de diversificación. Se realiza como sistema de producción mixta extensiva de bovinos y ovinos sobre campo natural. Por ello, la obtención de información regional respecto al manejo y productividad de SSP con ovinos resulta de gran interés, asociado a un manejo diferencial tanto del ganado como del forraje y los árboles, producto de la intensificación de la producción resultante de la combinación de producción forestal y pecuaria, con pastoreo controlado, mejora en el uso del pastizal, en la producción animal y mayor intensidad de intervenciones silviculturales para aumentar la luminosidad. Con el objetivo de comparar la productividad de un SSP respecto a la del pastizal a cielo abierto y evaluar el impacto del componente arbóreo sobre el pastizal y los animales, se planteó un ensayo con diseño en bloques completos al azar estratificado, con dos tratamientos: pastizal a cielo abierto y pastizal bajo SSP y tres repeticiones (pseudoréplicas), totalizando 6 parcelas de 1 ha. Se

implantó el componente forestal en agosto de 2017, el material fue pino híbrido (*Pinus elliottii var. elliottii x P. caribaea var. hondurensis*) en una densidad 625 pl ha^{-1}. El marco de plantación utilizado fue de líneas dobles, con 4m entre líneas, 12m entre callejones y 2m entre plantas. El componente forrajero fue un pastizal característico de la región de lomas coloradas del NE de Corrientes, con predominio de *Andropogon lateralis, Schizachirium microstachius, Axonopus compressus, Paspalum notatum y P. urvillei.* Durante 2018 y 2019 se evaluó el componente forestal (altura total, diámetro a la altura del cuello y a la altura del pecho); y el componente forrajero (Productividad Primaria Neta Aérea; oferta de forraje; cambios en la composición botánica). La entrada del componente animal estaba prevista para el año 2020 y no pudo evaluarse por las restricciones de la pandemia por COVID-19 por lo que el ingreso de los animales será en octubre de 2021. Durante los dos primeros años de evaluación, la oferta forrajera alcanzó valores de 9 a 12 ton. ha^{-1} en el pastizal y de 10 a 14 ton. ha^{-1} en el SSP, mostrando que, en los primeros años, la forestación no disminuyó la producción del pastizal. El número total de especies gramíneas forrajeras promedio fue significativamente superior en el SSP durante el período invernal (6.3 versus 4.7, $p > 0,05$). Para las demás fechas, no hubo diferencias significativas. Las especies predominantes en ambos tratamientos fueron *Andropogon lateralis*, seguida por *Sorghastrum agrostoides* y en tercer lugar *Schizachyrium microstachyum*. Los resultados preliminares permiten afirmar que el componente forestal no afectó la productividad, pero sí la composición botánica y distribución de especies en el sistema silvopastoril respecto al pastizal a cielo abierto, efecto que es incipiente a partir del segundo año de evaluación. Los próximos ciclos de evaluación complementarán la información parcial disponible.

Palabras clave: *oferta forrajera, especies Poáceas forrajeras.*

Abstract

Silvopastoral systems (SPS) comprise a set of technologies applied to agricultural production, which characteristics are sustainable soil management, combining the production of crops, animals and forest species simultaneously or in sequence on the same land surface (Fassola, 2010). In Argentina, they had an important development though the last 15 years, although in Mesopotamia the livestock combinations with afforestation are earlier (Peri, 2012). In Misiones and Corrientes, they have developed from the entry of livestock to forest plantations. Corrientes is also the province with the largest forested area in the country, mainly with species of Eucalyptus and Pinus genera. Their plantation is carried out mainly on grasslands, so silvopastoral systems are established on an environment with a certain productivity and floristic composition that will be modified with the

shade of the trees and could modify the diet of the animals. At present, sheep farming in the Northern Corrientes emerges as an economic and diversification activity. It is carried out as an extensive mixed cattle and sheep production system on natural grasslands. Therefore, obtaining regional information regarding the management and productivity of sheep SPS is of great interest, associated with a differential management of both livestock, forage and trees, as a result of the intensification of production resulting from the combination of forestry and livestock, with controlled grazing, improvement in the use of grassland, in animal production and intensive silvicultural interventions to increase light. In order to compare the productivity of an SPS with that of the open grassland and evaluate the impact of the trees on the grassland and animals, a stratified randomized complete block design trial was proposed, with two treatments: open grassland and SPS grassland, with three replications (pseudo-replicates), summarizing 6 plots of 1 ha. Hybrid pine (*Pinus elliottii var. Elliottii x P. caribaea var. Hondurensis*) trees were implanted in August 2017, at a density of 625 pl ha-1. The planting frame used was double lines, with 4m between lines, 12m between alleys and 2m between plants. The forage component was an average grassland form red hills of NE Corrientes region, with predominance of *Andropogon lateralis, Schizachirium microstachius, Axonopus compressus, Paspalum notatum* and *P. urvillei*. Between 2018 and 2019 tree´s growth was evaluated (total height, neck height diameter and brest height diameter); also, was the forage component (Air Net Primary Productivity; forage supply; changes in botanical composition). Animal's evaluation had to be canceled during 2020 due to COVID-19 pandemic and will begin in October 2021. During the first two years of evaluation, the forage supply reached values of 9 to 12 tons. ha^{-1} in the pasture and from 10 to 14 ton. ha-1 in the SSP, showing that in the first years, afforestation did not decrease grassland production. During the winter period, the total number of average forage grass species was significantly higher in the SPS (6.3 versus 4.7, $p > 0.05$). For the other dates, there were no significant differences. The predominant species in both treatments were *Andropogon lateralis*, followed by *Sorghastrum agrostoides* and in third place *Schizachyrium microstachyum*. Preliminary results allow to affirm that the forest component did not affect productivity, but the botanical composition and distribution of species in the silvopastoral system with respect to the open-air grassland did, an effect that is incipient from the second year of evaluation. The next evaluation cycles will complement the partial information available.

Keywords: *forage availability, forage Poecae species.*

Factores que influyen en la adopción de sistemas silvopastoriles en el Piedemonte Andino-Amazónico del Departamento del Caquetá, Colombia[10].

Barriers to the adoption of silvopastoral systems in the Andean-Amazon piedmont of the department of Caquetá, Colombia.

Sandoval D[1]; Fernández J.C[2]; González C[1]; Solarte A[2]; Holmann F[1]; Quintero M[1]; Castro A[1]; Zapata C[3].

[1] Alianza Bioversity–Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT;
[2] Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria – CIPAV;
[3] Patrimonio Natural
Dirección electrónica para correspondencia: Antonio@fun.cipav.org.co

Resumen

Este trabajo de investigación planteó como objetivo caracterizar una muestra de aleatoria de productores del sur del Caquetá, según su perfil de adopción de sistemas silvopastoriles (SSP). Se identificaron las barreras y/o incentivos que existen para incorporar SSP en la finca. Durante diciembre de 2019 y enero del 2020 se realizó una encuesta a 213 productores en cuatro municipios, Morelia (55), Albania (71), Belén de los Andaquíes (55), San José del Fragua (32). Se colectó información sociodemográfica del hogar, actividades agrícolas, actividades ganaderas e información de percepción sobre SSP. Esta información permitió caracterizar los productores y definir perfiles de adopción, de acuerdo a las prácticas y SSP presentes en la finca. Técnicas de análisis univariado haciendo uso de diferencia entre medias en variables clave fueron utilizadas para comparar los grupos de adoptantes y no adoptantes y por perfiles de adopción. La tasa de adopción y los determinantes fueron establecidos por medio de una regresión tipo Probit. Se establecieron tipologías de adopción de acuerdo a las características de los productores y las prácticas de SSP adoptadas. Se encontró que los productores adoptantes y no adoptantes son bastante homogéneos, ambos grupos se dedican a la ganadería de doble propósito con un mayor énfasis hacia la producción de leche. No se presentaron diferencias significativas en la generación de ingresos por actividades referentes a la ganadería, ni en las características socioeconómicas como el tamaño de la familia, el número de hijos y la edad del jefe del hogar, al igual que área dedicada a ganadería, tipo de cultivos y tamaño del hato. Las prácticas de SSP más común está basada en la combinación de pastura natural y/o mejorada con árboles de la

[10] Basado en: Sandoval D., Fernández J.C., González C., Solarte A., Holmann F., Quintero M., Castro A., Zapata C. 2021. Reporte técnico: Factores que influyen en la adopción de sistemas silvopastoriles en el Piedemonte Andino-Amazónico del Departamento del Caquetá, Colombia. Alianza Bioversity - CIAT, CIPAV, Patrimonio Natural. Publicación CIAT No. 517. Cali, Colombia. 95 p.
Enlace para descarga del Reporte completo:
https://www.dropbox.com/s/4xrp5h48k9vinct/Reporte_Adopcion_SSP-Caqueta_VF.pdf?dl=0

regeneración natural. Un porcentaje significativo de productores hace uso de bancos forrajeros. Los acueductos ganaderos, no se encontraron en un gran porcentaje de los productores. La intervención de los proyectos con SSP es un factor determinante para la adopción de las diferentes prácticas, así como también la participación en actividades de programas de capacitación sobre ganadería y más aún sobre el tema de SSP. El estudio indicó que hacer parte de algún acuerdo de conservación y el acceso al crédito tienen efectos relevantes en la adopción. Situación contraria se da en aspectos como la titulación de la tierra que no se evidenció como un factor determinante. Cuando se compara dentro de los diferentes niveles de adopción, los resultados sugieren que existe un umbral en el nivel de adopción de prácticas de prácticas silvopastoriles que una vez adoptado genera un mejor desempeño. Comparados con los no-adoptantes, los adoptantes nivel 3, que son aquellos que han incorporado un mayor número de prácticas como pasturas mejoradas, divisiones de potreros con árboles en franjas, acueductos ganaderos y manejo de rotación, tienen fincas mas grandes, un mayor tamaño de hato, mayor acceso al crédito, un área similar dedicada a la actividad ganadera, mayor fertilidad, mayor producción diaria de leche por finca, mayor producción de leche por hectárea debido a una mayor carga animal Los otros niveles de adopción (ie., Niveles 1 y 2) no son suficientes para alcanzar una rentabilidad superior a los no adoptantes, lo que sugiere que el adoptante nivel 3 es un perfil de productor con mayor disposición a las innovaciones, mayor experiencia e inserción al mercado.

Palabras claves: *escalamiento, ganadería, ganadería sostenible, barreras, piedemonte andino-amazónico.*

Abstract

The objective of this research was to characterize a random sample of producers in southern Caquetá according to their profile of adoption of silvopastoral systems (SSP). The barriers and/or incentives that exist to incorporate SSP on the farm were identified. During December 2019 and January 2020, 213 producers were surveyed in four municipalities, Morelia (55), Albania (71), Belén de los Andaquíes (55), San José del Fragua (32). Sociodemographic information was collected on the household, agricultural activities, livestock activities and information on the perception of SSP. This information made it possible to characterize the producers and define adoption profiles, according to the practices and SSP present on the farm. Univariate analysis techniques using mean differences in key variables were used to compare adopters and non-adopters and by adoption profiles. Adoption rate and determinants were established by means of a Probit regression. Adoption typologies were established according to producer characteristics and SSP practices adopted. It was found that the adopting and

non-adopting producers are quite homogeneous, both groups are dedicated to dual-purpose cattle raising with a greater emphasis on milk production. There were no significant differences in the generation of income from livestock activities, nor in socioeconomic characteristics such as family size, number of children and age of the head of household, as well as area dedicated to livestock, type of crops and herd size. The most common SSP practices are based on the combination of natural and/or improved pasture with trees from natural regeneration. A significant percentage of producers make use of fodder banks. Livestock aqueducts were not found in a large percentage of producers. The intervention of SSP projects is a determining factor for the adoption of different practices, as well as the participation in training programs on livestock farming and even more on the subject of SSP. The study indicated that being part of a conservation agreement and access to credit have relevant effects on adoption. The opposite situation occurs in aspects such as land titling, which was not found to be a determining factor. When compared within the different levels of adoption, the results suggest that there is a threshold level of adoption of silvopastoral practices that once adopted generates better performance. Compared to non-adopters, level 3 adopters, which are those who have incorporated a greater number of practices such as improved pastures, paddock divisions with strip trees, livestock aqueducts and rotation management, have larger farms, larger herd size, greater access to credit, similar area devoted to livestock activity, higher fertility, higher daily milk production per farm, higher milk production per hectare due to higher stocking rates, Levels 1 and 2) are not sufficient to achieve higher profitability than non-adopters, suggesting that the level 3 adopter is a producer profile with greater willingness to innovations, greater experience and market insertion.

Keywords: *scaling-up, sustainable livestock, cattle ranching, barriers, Andean-amazon foothills.*

Valoración de los sistemas agropastorales extensivos en áreas mediterráneas: una aproximación desde los consumidores de carne en Cataluña, España

Assessment of extensive agropastoral systems in Mediterranean areas: an approach from meat consumers in Catalonia, Spain

R. Vallejos; J.M. Gil-Roig

Centro de Investigación en Economía y Desarrollo Agroalimentario, Universidad Politécnica de Cataluña, CREDA-UPC-IRTA. Castelldefels, España. Email: rosana.vallejos@upc.edu

Resumen

En los últimos años, se ha instalado un amplio debate sobre la viabilidad económica de las explotaciones extensivas entre los diversos actores de la cadena y entre la comunidad científica interesada en los beneficios ambientales y sociales que esta actividad genera. El aumento de la preocupación de la sociedad sobre el impacto negativo de la producción de carne, el crecimiento de estilo de vida saludable y una mayor atención de los consumidores hacia temas de bienestar animal están planteando nuevos desafíos para los sistemas productivos de carne. Pese a la creciente demanda por productos alimenticios provenientes de sistemas productivos con menor impacto ambiental, la viabilidad de los sistemas agropastorales está siendo amenazada por los desafíos planteados por el cambio climático y por una menor comprensión del valor ecológico y sociocultural que esta actividad brinda a la sociedad. La investigación desarrollada analiza la valoración que los consumidores hacen de los productos de los sistemas pastorales, identificando las variables que inciden en ello y las opciones existentes para el establecimiento de canales de comercialización que favorezcan la viabilidad económica de estas producciones. Se examinan los factores que inciden en las preferencias de los consumidores por carne extensiva a través de un experimento de elección aplicado a 396 consumidores del área metropolitana de Barcelona (Cataluña, España). Los resultados preliminares demuestran que para los consumidores resultan relevantes aspectos relacionados con el origen, la raza y el bienestar animal, poniendo en valor ciertas características de la pequeña y mediana producción tales como autenticidad e identidad territorial.

Palabras claves: *ganadería extensiva, preferencias de los consumidores, experimento de elección y diferenciación producto.*

Abstract

In recent years, there has been a broad debate on the economic viability of extensive farms among the various actors in the chain and among the scientific community interested the environmental and social benefits that this activity generates. Increasing societal concern about the negative impact of meat production, growth in healthy Lifestyles, and increased consumer attention to animal welfare issues are posing new challenges for meat production systems. Despite the growing demand for food products from productive systems with less environmental impact, the viability of agropastoral systems is being Threatened by the challenges posed by climate change and by a lesser understanding of the ecological and sociocultural value that this activity provides to the society. The research carried out Analyzer the valuation that consumers make of the products of pastoral systems, identifying the variables that affect it and the existing options for the establishment of marketing channels that favor the economic viability of these productions. The factors that influence consumer preferences for extensive meat are examined through a choice experiment applied to 396 consumers in the metropolitan area of Barcelona (Catalonia, Spain). Preliminary results show that for consumers, aspects related to origin, breed and animal welfare are relevant, highlighting certain characteristics of small and medium production such as authenticity and territorial identity. Identifying the variables that affect it and the existing options for the establishment of marketing channels that favor the economic viability of these productions.

Keywords: *extensive livestock farming, consumer preferences, choice experiment and product differentiation*

Introducción

Los paisajes rurales son el resultado de la intensa interrelación entre la acción humana y los sistemas biofísicos ((Plieninger & Bieling, 2013) y proporcionan múltiples servicios ecosistémicos (SE) que contribuyen al bienestar humano (Balzán *et al*., 2018; Anaya-Romero *et al*., 2016) tales como alimentos, materias primas, control de la erosión del suelo, polinización, espacios de recreación y biodiversidad entre otros (Millennium Ecosystem, Assessment, 2005). En el caso de la región Mediterránea, el mantenimiento de estos paisajes depende de la gestión activa del territorio que se vincula a actividades tradicionales del medio rural y a prácticas agropastorales (Oteros-Rozas *et al*., 2013). Los sistemas agropastorales tienen un rol fundamental en el manejo y conservación de las grandes extensiones de terreno de alto valor natural.

La actividad agropastoral constituye un sistema productivo generalmente extensivo por su vínculo con los recursos naturales del territorio. Los sistemas ganaderos extensivos son multifuncionales, con externalidades no solamente en su dimensión productiva, sino que aportan un conjunto de bienes y servicios que constituyen un amplio rango de bienes públicos y privados. Entre los bienes públicos, la conservación del paisaje agrícola, la biodiversidad tanto salvaje como doméstica (agrobiodiversidad) o la resiliencia frente a incendios forestales están intrínsecamente ligados a la existencia de sistemas de pastoreo de baja intensidad (Bernués *et al*., 2016). La actividad agropastoral constituye así un modelo de producción ganadera y una forma de vida que tiene importantes implicaciones para la sostenibilidad de los territorios rurales (Amat-Montesinos, *et al*. 2019). Representa un esfuerzo humano para favorecer la diversidad de especies animales y vegetales y con ello contribuir a la estabilidad de los ecosistemas (Lasanta, *et al*., 2017). Pese a ello, la población general y, los consumidores en particular, no logran percibir las diferencias entre sistemas productivos de baja o alta intensidad y sus impactos sobre el medio ambiente (Bernués, *et al*., 2005). Esto afecta la viabilidad económica de las explotaciones tradicionales y la sostenibilidad de una actividad productiva de alto valor ecológico, cultural y patrimonial (Ripoll-Bosch *et al*., 2013) y pone en relevancia la necesidad de conocer las percepciones y valorizaciones que los consumidores finales pueden hacer de los productos derivados de la ganadería extensiva.

Esta ponencia aborda la brecha detectada entre los productores de carne de cordero extensivo y los consumidores finales, entendiendo que la sostenibilidad del sector alimentario no es solo una cuestión de cambiar los métodos de producción, sino que también cambiar los patrones de consumo (Bertoni *et al*., 2018). Recientes estudios apuntan a cómo los ciudadanos/consumidores están realizando cambios en sus opciones de compra y consumo de alimentos a través de nuevas dietas (Schösler & de Boer, 2018) o de productos alimenticios relacionados con atributos de sostenibilidad (Kushwah *et al*., 2019). Los cambios en las preferencias de los consumidores también se pueden dirigir a nuevos métodos de producción y nuevos productos alimenticios innovadores y sostenibles (Olivera *et al*., 2016). El mayor acceso a información sobre sistemas productivos (Díaz-Caro, *et al*., 2019) y una mayor preocupación por los temas ambientales (Owusu-Sekyere *et al*., 2019) fortalece el rol de los consumidores/ciudadanos para influir en la agenda política sobre desarrollo sostenible (UN, 2019 ODS 12). No obstante, pese a la creciente demanda por productos alimenticios más amigables ambientalmente, la ganadería extensiva enfrenta desafíos importantes para asegurar su viabilidad económica y una mayor visibilización de sus aportes al territorio. Para ello, este estudio explora el comportamiento de los consumidores en relación al consumo de productos de origen animal. La experiencia en el consumo de carne y los atributos de calidad determinan

la decisión de compra. La percepción y preferencia de los consumidores están influenciada por valores y reglas sociales determinadas por múltiples aspectos de la vida diaria tanto a nivel individual como grupal (Merlino *et al*, 2018, Barragán *et al*, 2018). Diversos trabajos han abordado los hábitos de consumo, calidad y preferencias de los productos cárnicos (Loureiro & Umberger, 2007; Verbeke *et al*, 2010; Steiner, *et al*., 2010). No obstante, pocos trabajos aún se han centrado en la ganadería extensiva y la valorización por parte de los consumidores de los impactos y beneficios de este sistema productivo a nivel ambiental, económico y social.

Materiales y Métodos

Para el trabajo con 25 productores ganaderos extensivos de las comarcas del Pallars de Sobirá y el Pallars Jussá, localizadas en el Pirineo Catalán en el límite entre Andorra, Francia y España, se optó por un enfoque metodológico cualitativo. Se emplearon talleres participativos, que es un método ampliamente utilizado por agencias y organizaciones de desarrollo internacionales para identificar los componentes de la cadena de valor de productos agroalimentarios (CUSO, 2017). Los objetivos de estos talleres fueron: i) identificar las características de la cadena de valor de la ganadería extensiva ovina; ii) indagar sobre el rol y características de cada actor en la conformación de la cadena de valor en ganadería extensiva y iii) establecer atributos, tipo de información y características de etiquetado más valorados para los productores para participar en el mercado y relacionarse con los consumidores. La muestra de productores se construyó entre los ganaderos que participaron previamente en estudios sobre ganadería extensiva y correspondió a un muestro por conveniencia, conformado a partir de la facilidad de acceso a los productores y la disponibilidad de las personas a formar parte de la muestra.

La información recabada en estos talleres participativos será transcrita y organizada en una matriz para examinar la relación entre las categorías de análisis preestablecidas: a) estructura de la cadena; b) mapeo de actores, c) DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades) y d) estrategias de comercialización.

Para el estudio de las preferencias de los consumidores en el consumo de carne de cordero se utilizó un experimento de elección (*choice experiments*). Este es un método de valoración económica se basa en el modelo de elección de consumo de Lancaster (1966) y tiene una base econométrica en los modelos de utilidad aleatoria (Luce, 1959; McFadden, 1973). Estos experimentos tienen una capacidad altamente predictiva del comportamiento del consumidor en el mercado, especialmente en la valorización de nuevos productos en el mercado (Lusk, 2018; Britton &

Tonsor, 2019). Considerando al creciente interés de la población mundial sobre los impactos del consumo de carne a nivel personal, social y medio ambiental, diversos estudios han incorporado atributos vinculados a indicadores ambientales para examinar las preferencias de los consumidores en diversos tipos de productos de origen animal, poniendo énfasis en temas como huella de carbono, uso de agua y bienestar animal (Grebitus *et al*., 2013; Sonoda *et al*., 2018; Owusu-Sekyere *et al*., 2019). En el caso del consumo del ovino en España resulta relevante explorar el comportamiento del consumidor local frente a estos temas emergentes y propiciar una mayor discusión en torno los aportes de la ganadería extensiva al consumo responsable de carne.

Los atributos y niveles usados en el presente estudio fueron seleccionados después de la revisión de estudios previos en preferencias en el consumo de carne de cordero (Bernués *et al*., 2012; Font e Furnols *et al*., 2011; Gracia 2005; Maza *et al*., 2017) y definidos a través de grupos de discusión con consumidores bajo la metodología World Café (WC), que es una herramienta ampliamente utilizada en investigación participativa (Brown y Isaacs, 2005). Los atributos seleccionados fueron: origen, raza, bienestar animal (B.A) y precio para un experimento de elección discreta (Cuadro 1). En el experimento, se emplearon etiquetas para identificar diferentes sistemas productivos de carne de cordero: intensivo, extensivo y ecológico.

Cuadro 1. Atributos y niveles usados en el diseño del experimento de elección

Atributos	Niveles
Origen	Cataluña; España; Unión Europea; Fuera de la Unión Europea
Raza Autóctona	Si; No
Bienestar animal	Con certificado B.A.; Sin certificado B.A.
Precio €/1KG	10:00; 12:00; 14:00; 16:00 (Cordero intensivo) 14:00; 16.00; 18.00; 20.00 (Cordero extensivo) 18:00; 20:00; 22.00; 24.00 (Cordero ecológico)

La recolección de información se realizó entre el 15 al 31 marzo de 2021 con consumidores de carne de cordero residentes en la provincia de Barcelona. Los consumidores completaron un cuestionario en línea utilizando la plataforma Qualtrics®. Se registraron 452 respuestas, no obstante, solo 396 proporcionaron respuestas completas consideradas válidas para el experimento. El cuestionario se probó previamente en una muestra de 75 personas para identificar y eliminar posibles problemas de comprensión y fluidez, que no fueron considerados en la muestra final.

Resultados y discusión

La visión de los ganaderos extensivos

Los resultados de los talleres participativos permitieron realizar un análisis exploratorio inicial de la cadena de valor de la carne, identificando las características socio-económicas de los productores y estableciendo el escenario actual de esta actividad productiva. La actividad permitió construir participativamente la cadena de producción y comercialización de la ganadería extensiva, priorizando algunas características específicas y tradicionales de la producción local. El cuadro 2 resume los elementos destacados por los ganaderos respecto a su producción, poniendo énfasis en aspectos como origen, calidad, proximidad y valor ambiental. Basados en su experiencia, los ganaderos plantean la necesidad de desarrollar esfuerzos entre organizaciones públicas y privadas para fomentar el consumo de carne extensiva a través de estrategias de marketing centrada en la promoción de nuevos cortes, en nuevas plataformas de venta y en las características de sostenibilidad de esta actividad productiva.

Cuadro 2: Percepción de ganaderos/pastores sobre la producción extensiva

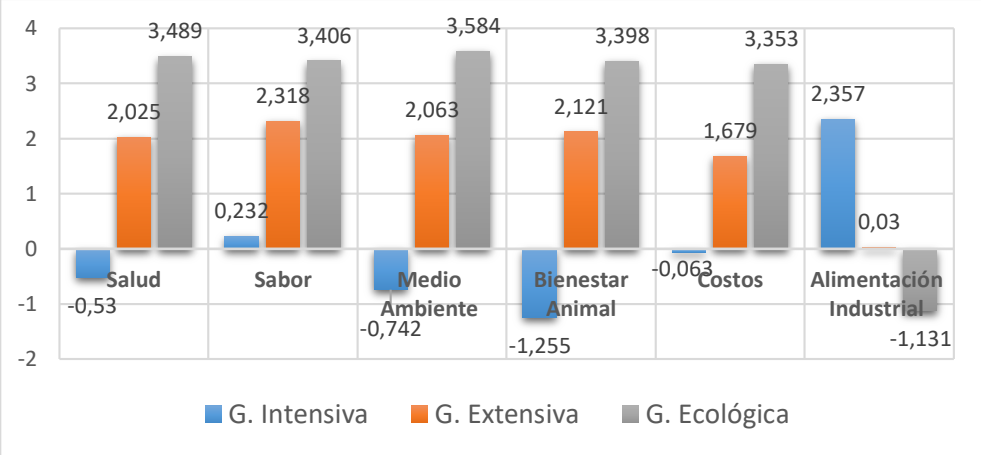
Dimensión	Características más valoradas de la carne
Producción y comercialización	Origen Proximidad Trazabilidad Pastoreo de montaña Elaboración y presentación del producto
Impactos y beneficios	Tradición Salud Valor agregado ecológico

La visión de los consumidores

En el ejercicio de analizar las características, impactos y beneficios de los sistemas de producción en relación a seis variables específicas en una escala de 5 a -5 puntos, los consumidores demuestran una mayor valoración positiva de la producción ecológica. En las áreas de salud, sabor, medio ambiente, las puntuaciones más positivas la logra la producción ecológica. Asimismo, se la identifica como una carne de mayor valor económico y sin presencia de alimentación industrial, por lo que, en esta variable obtiene una puntuación negativa. En tanto, la producción intensiva alcanza valores negativos en la mayoría de las variables estudiadas. Se la considera una carne menos sabrosa, pero de menor precio comparada con la carne ecológica. La ganadería extensiva alcanza valoraciones positivas, pero se sitúa por debajo de la ganadería ecológica, lo que da cuenta que los consumidores asocian más fácilmente la producción ecológica con menores impactos ambientales y mayores beneficios en el ámbito de la salud.

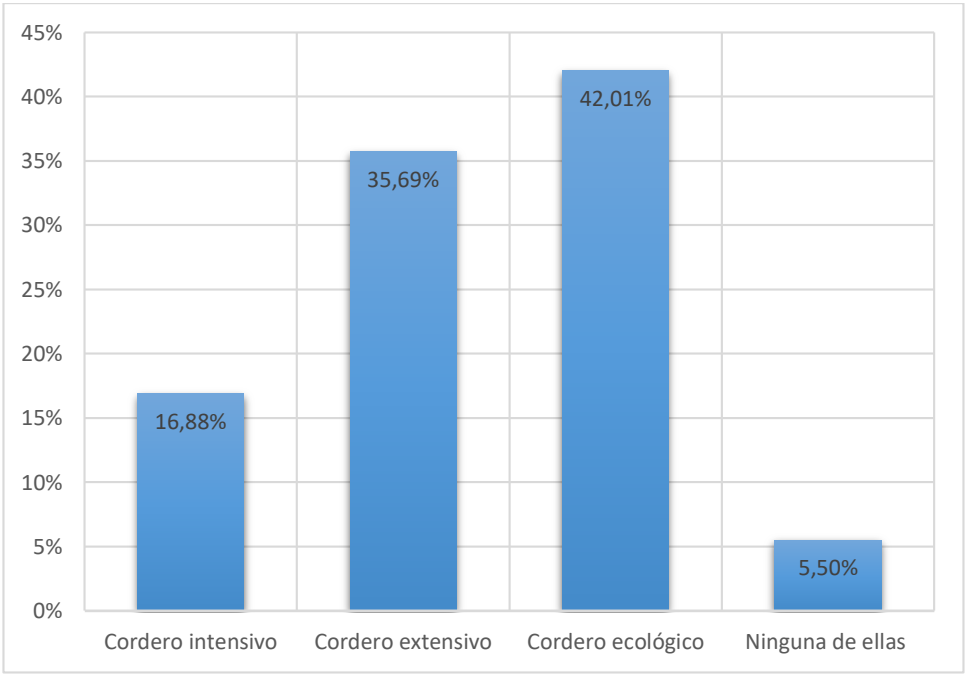
INICIO
CRÉDITOS
COMITÉS
CONTENIDO
SECCIÓN I
SECCIÓN II
SECCIÓN III
SECCIÓN IV

Gráfico 1: Valoración de sistemas de producción de carne



El Gráfico 2 presenta el porcentaje total de elección de cada tipo de cordero en todos los conjuntos de elección presentadas a los consumidores. En los ocho escenarios de compra, se puede ver, que el cordero ecológico es el más frecuentemente elegido por los consumidores (con una media de 42.01%) La segunda opción más escogida fue el cordero extensivo (con una media de 35.69%). El cordero intensivo está en última posición en las ocho situaciones de compra (con una media de 16.88%). La opción ninguna de ellas fue seleccionada por alrededor de un 5.5% de los casos.

Gráfico 2: Porcentaje total de elección de cada tipo de cordero en todos los conjuntos de elección



El cuadro 3 muestra los resultados preliminares del modelo de parámetros aleatorios. Se observa diferencias significativas en la valorización del origen de la carne de cordero. Siendo el origen España preferido al origen Cataluña y siendo el origen fuera de la UE menos valorado en comparación con la base de origen Cataluña. Los coeficientes de las variables raza autóctona y certificado de bienestar animal son positivos y estadísticamente significativos, indicando que los consumidores prefieren carne de cordero proveniente de raza autóctona española (en el caso de este estudio, Raza Xisqueta) sobre la carne de razas foráneas y que cuenten con certificación que acredite el buen manejo y crianza del ganado. La variable precio tiene el signo esperado y es estadísticamente significativa. Las constantes alternativas-específicas (ASC) son significativas estadísticamente y todos los coeficientes de las desviaciones estándar de los parámetros aleatorios son estadísticamente significativos, lo que indica que la dispersión alrededor de la media es estadísticamente diferente de cero.

Cuadro 3: Resultados del Experimento de elección

Parámetros aleatorios en funciones de utilidad				
	Coeff.	Std. Err.	z	p-value
Origen 2 (España)	.12889**	.05715	2.26	.0241
Origen 3 (UE)	-.07193	.06885	-1.04	.2962
Origen 4 (Fuera de UE)	-.19129***	.07092	-2.70	.0070
Raza Autóctona	.20544***	.04706	4.37	.0000
Certificado de Bienestar	.18593***	.03675	5.06	.0000
ASC1	2.93254***	.26378	11.12	.0000
ASC2	4.49660***	.30007	14.98	.0000
ASC3	5.49126***	.37955	14.47	.0000
Parámetros no aleatorios en funciones de utilidad				
Precio	-.14674***	.01558	-9.42	.0000
Desviación estándar de los parámetros aleatorios				
NsOR2	.25020***	.09618	2.60	.0093
NsOR3	.35622***	.08379	4.25	.0000
NsOR4	.36421***	.09487	3.84	.0001
NsRaza Autóctona	.25662***	.07177	3.58	.0003
NsBienestar Animal	.36141***	.04695	7.70	.0000
NsASC1	1.65059***	.14715	11.22	.0000
NsASC2	1.83266***	.14340	12.78	.0000
NsASC3	2.79361***	.18121	15.42	.0000

***, **, * Nivel de significancia al 1%, 5%, 10%

Los resultados de esta investigación son congruentes con otros estudios realizados sobre preferencias de los consumidores a nivel español. El origen de la producción resulta ser relevante en la decisión de compra de carne de cordero (Sepúlveda, Maza & Mantecón, 2010; Gracia, 2014; Erasmus *et al*., 2016), así como también, los métodos de producción (Bernabéu *et al*., 2018; Bernabéu, *et al*., 2012). Asimismo, para un segmento cada vez más amplio de la población, las condiciones sanitarias, el bienestar animal (Sepúlveda, Maza & Pardos, 2011; Montossi, *et al*., 2014) y el tipo de raza son de gran importancia (Ripoll-Bosch, Joy & Bernués, 2014; Gracia & de-Magistris, 2016).

Conclusiones

Los resultados de este estudio permiten identificar la percepción de ganaderos y consumidores sobre las características y valoración de los sistemas productivos de carne de cordero.

Para los ganaderos, las características particulares de la producción en extensivo contribuyen a la conservación del medio ambiente y al bienestar animal. Se pone énfasis en comunicar adecuadamente las características distintivas de este sistema productivo apoyado en una estrategia de comercialización que fomente la venta de proximidad y la trazabilidad. La carne de cordero es considerada un producto local y tradicional, con buenas perspectivas de crecimiento si los ganaderos enfrentar estos desafíos y garantizar la calidad e innovación del producto.

En el caso de los consumidores, los datos demuestran un mayor nivel de conocimiento y valoración por el sistema de producción ecológico, vinculándolo positivamente con una mejor relación con temas de salud, sabor, medio ambiente y bienestar animal. El estudio demuestra que el país de origen es importante para los consumidores, es mayor la probabilidad de compra de carne doméstica que de otros orígenes. Asimismo, otros atributos como de raza autóctona y bienestar animal también resultan significativos al momento de definir la compra de carne. Por tanto, los productores extensivos deben avanzar en la diferenciación de su producto, aprovechando el interés de los consumidores por sistemas productivos más ambientalmente amigables, poniendo énfasis en la calidad y beneficios de este tipo de producción.

Agradecimientos

Esta investigación se realizó en el marco del Proyecto PACTORES, PCIN2017-051 (MINECO, España). La tesis doctoral de la autora principal está financiada por el Subprograma de Ayudas Predoctorales 2017 del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (BES-2017-081966).

Bibliografía

Amat-Montesinos, X., Martínez, A. y Larrosa, J. (2019). La ganadería extensiva en el desarrollo territorial valenciano. Reconocimiento público y experiencias sociales. *TERRA. Revista de Desarrollo Local, 5*, 32-54. DOI 10.7203/terra.5.14392

Anaya-Romero, M., Muñoz-Rojas, M., Ibánez & Marañon, T. Evaluation of forest ecosystem services in Mediterranean areas. A regional case study in South Spain. *Ecosystem Services*, 20, 82-90.

Balzán, M., Caruana, J., & Zammit, A. (2018). Assessing the capacity and flow of ecosystem services in multifunctional landscapes: evidence if a rural-urban gradient in a Mediterranean small island state. *Land Use Policy*, 75, 711-725

Barragán, W., Mahecha, L., Angulo, J., & Olivera, M. (2018). Percepción de consumidores frente a información nutricional de la carne bovina. IDESIA, 2-9

Barrera Perales, O. T.; Sagarnaga Villegas, L. M.; Salas González, J. M.; Leos Rodríguez, J. A. & Santos Lavalle, R. (2018). Viabilidad económica y financiera de la ganadería caprina extensiva en San Luis Potosí, México. *Mundo Agrario*, 19(40), e077. https://doi.org/10.24215/15155994e077

Bernabéu, R., Tendero, A. & Olmeda, M. (2012). Consumer preferences versus commercial differentiation: A Spanish case study. *British Food Journal,* 114, 11: 1625-1639.

Bernabéu, R., Rabadán, A., El Orche, N.E. & Díaz, M. (2018). Influence of quality labels on the formation of preferences of lamb meat consumers. A Spanish case study. *Meat Science* 135: 129-133.

Bernués, A., Riedel, J.L., Asensio, M.A., Blanco, M., Sanz, A., Revilla, R., Casasús, I. (2005). An integrated approach to studying the role of grazing livestock systems in the conservation of rangelands in a protected natural park (Sierra de Guara, Spain). *Livest. Prod.* Sci. 96, 75–85

Bernués, A., Ripoll, G. & Panea, B. (2012). Consumer segmentation based on convenience orientation and attitudes towards quality attributes of lamb meat. *Food Quality and Preference*, 26: 211-220.

Bernués, A., Tello-García, E., Rodríguez-Ortega, T., Ripoll-Bosch, R. & Casasús, I. (2016). Agricultural practices, ecosystem services and sustainability in high nature value farmland; unraveling the perceptions of farmers and nonfarmers. *Land Use Policy*, 59: 130-142

Bertoni, D, m Cavicchioli, D., Donzelli, F., Ferrazzi, G., Frisio, D.G., Pretolani, R., Ricci, E.C. & Ventura, V. (2018). Recent contributions of agricultutal economics research in the field of sustainable development. Agriculture, 8, 200; doi:10.3390/agriculture8120200

Britton, L.L. & Tonsor, G.T. (2019). Consumers´willingness to pay for beef products derived from RNA interference technology. *Food Quality and Preference*, 75: 187-197.

Brown, J. and Isaacs, D. (2005). The World Cafe. San-Francisco: Berrett-Koehler Publisher

Choisis, J.P., Thévenet, C. & Gibon, A. (2012). Analyzing farming systems diversity: a case study in south-western France. *Spanish Journal of Agriculture Research*, 10 (3)), 605-618.

Cotes Torres, A., Urbina Rojas, N. & Cotes Torres, J.M. (2007). Multifunctional agriculture and integration of farming production systems within agribusiness chain. *Revista Facultad nacional de Agronomía,* 60 (2), 3839-3857.

CUSO Internacional (2017). Cadenas de valor inclusivas. Manual para impulsar negocios sostenibles y equitativos en cadenas de valor inclusivas. CUSO-Canadá. Ymagino Publicidad SAC, Lima.

Díaz, S., S. Demissew, J. Carabias, C. Joly, M. Lonsdale, N. Ash, A. Larigauderie, J. R. Adhikari, S. Arico, *et al*., & D. Zlatanova. (2015). The IPBES conceptual framework - connecting nature and people. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 14:1-16. http:// dx.doi.org/10.1016/j.cosust.2014.11.002

Díaz-Caro. C., García-Torres, S., Elghannam, A., Tejerina, D., Mesias, F.J. & Ortiz, A. (2019). Is production system a relevant attribute in counsumers´food prefefrences? The case of Iderian dry-cuerd ham in Spain. *Meat Science,* 158: https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107908

Eramus, S.W., Muller, M., & Hoffman L.C. (2017). Authentic sheep meat in the European Union: Factors influencing and validating its unique meat quality. J Sci Food Agric 2017; 97: 1979–1996.

Font-i-Furnols, M., Realini, C., Montossi, F., Sañudo, C., Campo, M.M., Oliver, M.A., Nute, G.R. & Guerrero, L. (2011). Consumer's purchasing intention for lamb meat affected by country of origin, feeding system and meat price: A conjoint study in Spain, France and United Kingdom. *Food Quality and Preference*, 22: 443-451.

Gracia, A. (2005). Actitudes de los consumidores hacia la carne de cordero con denominación de origen: segmentación y tipificación. En Serrano *et al*., ITEA, 101: 3-24

Gracia, A. (2014). Consumers' preferences for a local food product: a real choice experiment. Empir Econ, 47:111-128.

Gracia, A. & de-Magistris, T. (2016). Consumer's willingness to pay for indigenous meat products: The case of a Spanish sheep breed. Spanish Journal of Agricultural Research, 14, 2. http://dx.doi.org/10.5424/sjar/2016142-8230

Grebitus, C., Steiner, B., & Veeman, M. (2013). Personal values and decision making: evidence environmental footprint labelling in Canada. *Amer. J. Agr. Econ*., 95, 2; 397-403. doi: 10.1093/ajae/aas109

Kushwah, S., Dhir, A. & Sagar, M. (2019). Understanding consumer resistance to the consumption of organic food. A study of ethical consumption, purchasing, and choice behaviour. *Food Quality and Preference*, 77: 1-14

Lasanta, T., Nadal-Romero, E. & Errea, M.P. (2017). Traditional agrarian landscape in the Mediterranean Mountains. A regional and local factor analysis in the Central Spanish Pyrenees. Land Degradation & Development, DOI: 10.1002/ldr.2695.

Loureiro, M.L. & Umberger, W.J. (2007). A choice experiment model for beef: What US consumer responses tell us about relative preferences for food safety, country-or-origen labelling and traceability. Food Policy, 32:496-514.

Luce, R. (1959). *Individual Choice Behavior: A Theoretical Analysis*. *Individual Choice Behavior: A Theoretical Analysis*. New York: John Wiley and Sons.

Lusk, J. (2018). Consumer preferences for and beliefs about slow growth chicken. *Poultry Science*, 97: 4159-4166. http://dx.doi.org/10.3382/ps/pey301

Maza, T., Gracia, A. & Saied, M. (2017). Consumers´ valuation of two packaging aspects for fresh lamb meat: vacuum and information labels. Packag, Technol. Sci., 31: 123-132.

McFadden D. 1973. Conditional logit analysis of qualitative choice behaviour. *In* Zarembka P Ed. Frontiers in Econometric. New York, USA. Academic Press. p. 105-142.

Merlino, V.M., Borra, D., Girgenti, V., Dal Vecchio, A. & Massaglia, S. (2018). Beef meat preferences of consumers from Northwest Italy: Analysis of choice attributes. *Meat Science* 143: 119-128.

Millennium Ecosystem Assessment (MEA). (2005). *Ecosystems and human well-being: current states and trends*. Island Press, Washington, D.C., USA.

Montossi, F., Font-i-Furnols, M., del Campo, M., San Julián, R., Brito, G. & Sañudo, C. (2014). Producción sostenible de carne ovina y las tendencias en las preferencias de los consumidores: compatibilidades, contradicciones y dilemas sin resolver. Seminario de actualización técnica: producción de carne ovina de calidad. INIA.

Murdoch, J. & Miele, M. (1999). Back to nature": changing worlds of production in the food system. *Sociologia Ruralis*, 39(3): 465–84

Nutz, N. & Sievers, M. (2016). Guía general para el desarrollo de cadenas de valor, Cómo crear empleo y mejores condiciones de trabajo en sectores objetivos / Oficina Internacional del Trabajo. Ginebra: OIT

Olivera, D., Machín, L., Deliza, R., Rosenthal, A., Walter, E.H., Giunénez, A., & Ares, G. (2016). Consumers´attention to functional food labels: insights from eye-tracking and change detection in a case study with probiotic milk. *Food Science and Technology*, 68: 160-167.

Oteros-Rozas E, Martín-López B, López CA, Palomo I and González JA (2013). Envisioning the future of transhumant pastoralism through participatory scenario planning: a case study in Spain. In: *The Rangeland Journal* 35, p. 251–272.

Owusu-Sekyere, E., Abdulai, A., Jordaan, H. & Hansson, H. (2019). Heterogeneous demand for ecologically sustainable products on ensuring environmental sustainability in South Africa. *Environmental Economics and Policy Studies*, https://doi.org/10.1007/s10018-019-00246-6

Plieninger, T., Bieling, C., (2013). Resilience-based perspectives to guiding high nature value farmland through socio-economic change. Ecol. Soc. 18 (4), 20.

Pratt, J. (2007). Food Values: The Local and the Authentic. *Critique of Anthropology*, 27 (3), 285-300.

Ripoll-Bosch, R.; de Boer, I.J.M., Bernués, A. & Vellinga, T.V. (2013). Accounting for multi-functionality of sheep farming in the carbon footprint of lamb: A comparison of three contrasting Mediterranean systems. Agricultural Systems, 116: 60-68

Ripoll-Bosch, R., Joy, M., & Bernués. A. (2014). Role of self-sufficiency, productivity and diversification on the economic sustainability of farming systems with autochthonous sheep breeds in less favoured areas in Southern Europe. *Animal 8*, 8: 1229-1237.

Rufino, M.C., Thornton, P.K., Ng'ang'a, S.K., Mutie, I., Jones, P.G. van Wijk M.T. & Herrero, M. (2013). Transitions in agro-pastoralist systems of East Africa: Impacts on food security and poverty. *Agriculture, Ecosystems and Environment,* 179, 215-230

Schösler, H., & de Boer, J. (2018). Towards more sustainable diets: insights from the food philosophies of "gourmets" and their relevance for policy strategies. *Appetite*, 177: 59-68.

Sepúlveda, W. Maza, M.T., Mantecón, A. (2010). Factors associated with the purchase of designation of origin lamb meat. Meat Science, 85: 167-173.

Sepúlveda, W., Maza, M.T. & Pardos, L. (2011). Aspects of quality related to the consumption and production of lamb meat. Consumers versus producers. Meat Science, 87: 366-372.

Steiner, B., Gao, G. & Unterschultz, J. (2010). Alberta consumers´ valuation of extrinsic and intrinsic red meat attributes: a choice experimental approach. *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 58: 171-189.

Sonoda, Y., Oishi, K., Chomei, Y. & Hirooka, H. (2018). How do human values influence the beef preferences of consumer segment regarding animal welfare and environmentally friendly production? *Meat Science*, 146: 75-86.

Sullivan, S. (2013). Banking Nature? The Spectacular Financialisation of Environmental Conservation', Antipode, 45, 198–217.

United Nations, 2015. SDG 12. Sustainable consumption and production [WWW Document]. Sustain. Dev. Goals. URL https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-consumption-production/

Verbeke, W., Pérez-Cueto, F.J.A., de Barcelllos M.D., Krystallis, A. & Grunert, K.G. (2010) European citizen and consumer attitudes and preferences regarding beef and pork. *Meat Science,* 84: 284-292.

Caracterización de cinco arbustivas forrajeras del altiplano mexicano para la alimentación del ganado en pastoreo

Characterization of five shrubby forage plants from the Mexican highlands for feeding grazing cattle

R. Rivera-Vazquez[1]; T. A. González Orozco[1]; J. S. Martínez Martínez[2]*

[1]Campo Experimental Bajío, INIFAP, [2]Profesionista independiente
*Campo Experimental Bajío, Km. 6.5 Carr. Celaya-San Miguel, Celaya, Gto., CP 38110,
rivera.ricardo@inifap.gob.mx

Resumen

La rentabilidad de las explotaciones pecuarias depende de la disponibilidad de alimento para el ganado durante todo el año, donde la alimentación es uno de los mayores costos. Entre las alternativas para disminuir costos y mantener una buena nutrición están los sistemas agrosilvopastoriles, sobre todo bajo condiciones de baja humedad, donde los árboles son una fuente importante de proteína para el ganado. Por lo que el presente estudio tuvo la finalidad de caracterizar cinco especies arbustivas con un alto potencial forrajero, con el fin de buscar su propagación y establecimiento en sistemas agroforestales. Con base a una revisión bibliográfica se hizo una selección de cinco especies forestales con las mejores aptitudes forrajeras para condiciones de semiárido con una marcada estación seca, a esta selección se realizó un análisis bromatológico para establecer su contenido de proteína y su digestibilidad, dos componentes básicos de interés para el ganadero. Las cinco arbustivas seleccionadas fueron *Acacia farnesiana* (L.) Willd. (Huizache yondiro), *Brongniartia lupinoides* (Kunth) Taubert (Jaboncillo), *Hesperalbizia occidentalis* T.S. Brandegee (Palo blanco), *Leucaena esculenta* (DC.) Benth (Guaje colorado) y *Lysiloma divaricata* (jacq.) MacBride (Palo prieto); quienes presentaron valores de proteína de 18.90%, 13.78%, 15.97%, 16.14% y 13.56%, y de digestibilidad de 59, 52, 57, 63 y 56, respectivamente. Por lo que estas especies son muy recomendables usar en sistemas silvopastoriles.

Palabras clave: *Sistema silvopastoril, ecosistemas semiáridos, biodiversidad.*

Abstract

The profitability of livestock farms depends on the availability of feed for livestock throughout the year, where feed is one of the highest costs. Among the alternatives to reduce costs and maintain good nutrition are agrosilvopastoral systems, especially under low humidity conditions, where trees are an important source of protein for livestock. Therefore, the present study had the purpose of characterizing five shrub species with a high forage

potential, in order to seek their propagation and establishment in agroforestry systems. Based on a bibliographic review, a selection was made of five forest species with the best forage aptitudes for semi-arid conditions with a marked dry season, a bromatological analysis was carried out on this selection to establish their protein content and digestibility, two basic components of interest to the farmer. The five shrubs selected were *Acacia farnesiana* (L.) Willd. (Huizache yondiro), *Brongniartia lupinoides* (Kunth) Taubert (Jaboncillo), *Hesperalbizia occidentalis* T.S. Brandegee (Palo blanco), *Leucaena esculenta* (DC.) Benth (Guaje colorado) and *Lysiloma divaricata* (jacq.) MacBride (Palo prieto); who presented protein values of 18.90%, 13.78%, 15.97%, 16.14% and 13.56%, and digestibility of 59, 52, 57, 63 and 56, respectively. Therefore, these species are highly recommended for use in silvopastoral systems.

Keywords: *Silvopastoral system, semi-arid ecosystems, biodiversity.*

Introducción

La rentabilidad de las explotaciones pecuarias depende de la disponibilidad de alimento para el ganado durante todo el año. Es importante que este alimento sea suficiente tanto en cantidad como en calidad y que se produzca con el menor costo posible; ya que, en este tipo de sistemas, en lo relativo a los costos de producción, el componente que mayor incide es el costo de alimentación (alrededor del 70%). Es decir, el principal egreso de la actividad ganadera en el centro de México es la alimentación y su costo puede representar entre un 60 y 75%. Los principales componentes de la dieta son granos en forma de concentrados comerciales, esquilmos agrícolas y alfalfa (Sosa, 2004).

Entre las alternativas para disminuir costos y mantener una buena nutrición están los sistemas agrosilvopastoriles, sobre todo bajo condiciones de baja humedad, como el altiplano semiárido y templado de México. Esto porque, los árboles y arbustos tienen ventajas nutricionales y de preferencias alimenticias por los rumiantes en pastoreo; entre las ventajas esta la alta calidad de nitrógeno, mayor energía, vitaminas y minerales (Ramírez, 2006). De acuerdo con Gómez *et al*., (2002), para que un árbol o arbusto sea considerado con potencial forrajero debe cumplir: 1) que sea consumido por animales silvestres y domésticos, 2) que sean usados tradicionalmente por las comunidades, 3) sean similares a otras plantas ya catalogadas por forrajeras, 4) que se tenga un análisis bromatológico de la especie de interés, 5) conocer o estudiar aspectos agroforestales de propagación y producción, 6) evaluación en dietas a nivel local y comercial, y 7) pruebas sobre el consumo de la especie de interés por el ganado.

En este sentido, un sistema silvopastoril tiene ventajas ambientales, económicas y sociales, pues mejoran las condiciones del medio ambiente, disminuyen costos de alimentación y contribuyen, al ser de uso múltiple, con otros productos y subproductos (como madera, frutos, leña, medicinal, etc.); sobre todo bajo condiciones de temporal o escases de agua (Carranza y Ledesma, 2005). Por lo que, para un sistema agroforestal, las familias de árboles cuyas especies son potenciales para su uso pecuario (ramoneo) se encuentran las leguminosas, que forman un grupo de más de 18.000 especies que se adaptan a diferentes formas biológicas: hierbas, herbáceos, leñosos, arbustos y árboles (Gómez *et al*., 2002).

Generalmente los árboles leguminosos tienen sus hojas alternas y casi siempre compuestas, abundando las plantas alimenticias, forrajeras, medicinales, maderables y ornamentales. Dentro de las leguminosas se encuentran tres subfamilias: Mimosáceas, Cesalpináceas y Papilionáceas, con diferencias específicas entre ellas. En las tres se encuentran especies que poseen características importantes que las hacen deseables para ser sembradas, estas especies son de los géneros: *Acacia, Albizzia, Prosopis, Leucaena, Mimosa, Bauhinia, Cajanus, Erythrina*, *Eysenhardtia,* entre otras (Gómez *et al*., 2002; Terrones *et al*., 2004; Rodríguez, *et al*., 2013).

Para hacer un uso exitoso de los árboles y arbustos forrajeros de cada región en programas de desarrollo de sistemas silvopastoriles, restauración ecológica y reforestación, es indispensable profundizar nuestro conocimiento sobre biología, ecología, propagación y manejo de las especies nativas disponibles, a fin de posibilitar la domesticación de dichas especies y desarrollar técnicas eficientes de propagación (Vázquez-Yanes *et al*., 1999). Por lo que, el presente estudio tuvo el objetivo de evaluar cinco especies arbustivas con un alto potencial forrajero, con el fin de buscar su propagación y establecimiento de sistemas agroforestales.

Materiales y métodos

Área de estudio

El trabajo se realizó en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en la Carretera Celaya-San Miguel de Allende km. 6.5, en Celaya, Guanajuato. El tipo de clima presente es semicálido, con temperatura media anual de 18°C, precipitación media anual de 600 mm, y un porcentaje de lluvia invernal menor al 5% de lluvia anual; el suelo que predomina es el vertisol pélico (INEGI, 2008).

Selección de especies arbustivas

Con apoyo de información bibliográfica se hizo una selección de cinco especies forestales con las mejores aptitudes forrajeras para el Altiplano mexicano, el cual se caracteriza por condiciones de semiárido con una marcada estación seca. Se hizo una caracterización de las cinco especies forestales con aptitud forrajera en cuanto a su descripción botánica y condiciones de uso forrajero, y que estas tuvieran presentes en el Arboretum Forestal del Campo Experimental con el fin de reproducirlas posteriormente.

Producción de biomasa

En base a un estudio anterior se indicó la producción de biomasa de estas especies para estimar la cantidad de alimento que puede otorgarse al ganado, sobre todo en la época más seca del año.

Análisis bromatológico

Se realizó un análisis bromatológico de estas cinco especies para establecer su contenido de proteína y su digestibilidad, dos componentes básicos de interés para el ganadero. La etapa en que se tomaron las muestras, usando al menos 500 g/muestra, fue en pleno crecimiento vegetativo, donde aún no se contaba con vaina, y se analizaron en el laboratorio del Instituto Tecnológico de Roque. Se agregó al análisis al zacate grama, que es el pasto que se tiene en la pradera con las arbustivas forrajeras.

Análisis estadístico

Para determinar estadísticamente que especie tenían los mejores valores del contenido de proteína se hizo un análisis estadístico. Se empleó un diseño experimental completamente al azar, donde los tratamientos fueron las especies arbustivas forrajeras, la observación fue de dos para cada especie y la variable analizada fue el contenido de proteína cruda. Los datos se analizaron con el software R Project (R Core Team, 2021) para validar o no la hipótesis del diseño (no hay diferencias estadísticas entre tratamientos). Para identificar las diferentes estadísticas entre tratamientos se hizo un análisis de medias. El modelo matemático fue:

$$y_{ij} = \mu_i + \epsilon_{ij}$$

Donde: y_{ij} es el valor del tratamiento (variable respuesta)

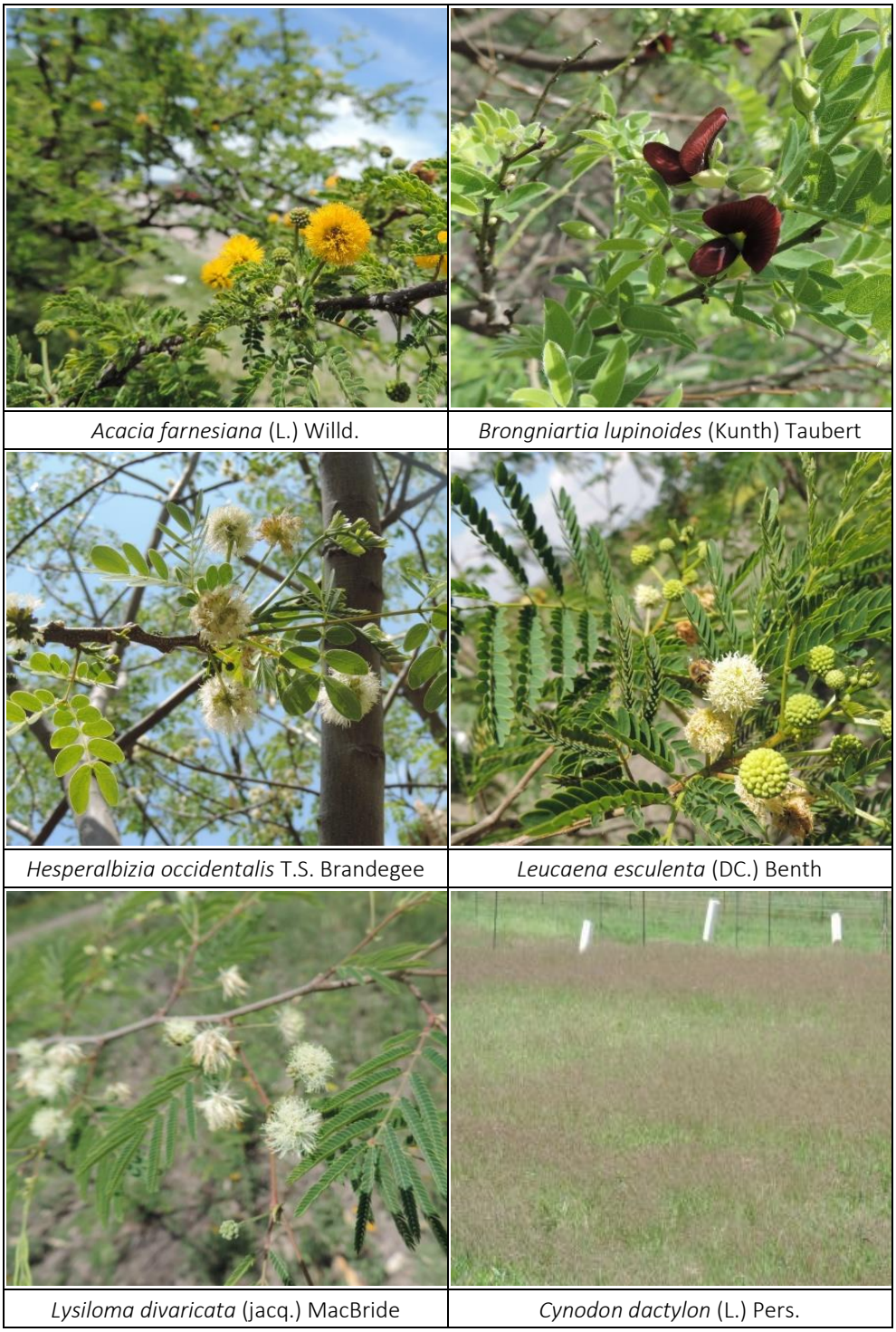
μ_i es el valor de la media del contenido de proteína cruda

ϵ_{ij} es el error experimental de la observación

¿Digestibilidad?

Resultados y discusión

En la figura 1 se muestra una foto de cada ejemplar en su etapa de floración.



Acacia farnesiana (L.) Willd.	*Brongniartia lupinoides* (Kunth) Taubert
Hesperalbizia occidentalis T.S. Brandegee	*Leucaena esculenta* (DC.) Benth
Lysiloma divaricata (jacq.) MacBride	*Cynodon dactylon* (L.) Pers.

Figura 1. Etapa de floración de cinco especies de arbustivas forrajeras y de zacate grama.

Para la caracterización de las arbustivas, se tomó de base la información de Terrones, *et al*. (2004) y de SAMOT (2020), complementada con datos de los trabajos realizados de cuantificación de biomasa (Tabla 1). La información incluye datos básicos de nombre científico, nombre común, familia, subfamilia y rasgos generales; y de manera particular su potencial forrajero, dando características del follaje como de las vainas, así como de la producción de biomasa en verde.

Tabla 1. Caracterización de las arbustivas forrajeras.

Nombre científico	***Acacia farnesiana*** **(L.) Willd.**
Nombre común	Huizache yondiro, Huizache hediondo, Huizache cimarrón, Aroma, Espino, Espino blanco, Cascalote.
Familia	Fabaceae (leguminoideae)
Subfamilia	Mimosidea.
Rasgos generales	Arbusto perennifolio de 2 a 5 m de altura. Tronco muy ramificado, ramas provistas de espinas, copa redondeada, hojas compuestas, bipinadas y alternas. Flores en glomérulos de color amarillo y muy perfumado. Frutos en vainas de color moreno rojizas, semiduras, subcilindrias, solitarias o agrupadas. Semillas uniformes de 6 a 8 mm de diámetro, de color castaño. Tolerante a heladas y sequías.
Potencial forrajero	El follaje y vainas son consumidas como forraje por el ganado; las vainas se consumen en verde y contiene entre 17.2 y 20.9% de proteína pura.
	La producción de biomasa por árbol es de 4.8 kg, y de 3.12 ton*ha-1 considerando una densidad de 650 árboles.
Nombre científico	***Brongniartia lupinoides*** **(Kunth) Taubert**
Nombre común	Jaboncillo, palo cenizo
Familia	Fabaceae (leguminoideae)
Subfamilia	Papilionoildeae
Rasgos generales	Arbusto caducifolio hasta de 3 m de alto; hojas linear-oblongas a lanceoladas, de 7 a 15 mm de largo, escariosas, glabras, pronto caducas, foliolos 13 a 31; flores axilares, solitarias o en fascículos de 2 o 3, corola roja oscura variando a rosada o rojiza; fruto anchamente oblongo a elíptico, de 5 a 7 cm de largo, de 2 a 3.5 cm de ancho; semillas 4 o 5, oblongas, de 9 a 13 mm de largo.
Potencial forrajero	El follaje se utiliza como forraje para el ganado.
	La producción de biomasa por árbol es de 3.5 kg, y de 3.85 ton*ha-1 considerando una densidad de 1,100 árboles.
Nombre científico	***Hesperalbizia occidentalis*** **T.S. Brandegee**
Nombre común	Palo blanco, bolillo
Familia	Fabaceae (leguminoideae)
Subfamilia	Mimosidea.
Rasgos generales	Árbol caducifolio de 20 (hasta 30) m de alto. Tronco con corteza lisa o algo rugosa, gris claro. Hojas compuestas obovadas en contorno general, hasta de 45 cm de largo y 25 cm de ancho, estípulas deltoides, a menudo cordadas en la base. Flores todas similares, sésiles, agrupadas en número de 10 a 35 en capítulos esféricos de 2 a 4.5 cm de diámetro, bracteolas oblongas efímeras. Fruto vaina por lo general solitario, sobre un pedúnculo de 3 a 4 cm de largo, de color pajizo, a menudo morado antes de la madurez. Semillas de 8 a 13 por vaina, de 0.8 a 1.3 cm de largo, cafés, algo lustrosas. Tolerante a sequías, pero susceptible a heladas.
Potencial forrajero	El follaje y las vainas tiernas se consumen por todo tipo de ganado durante la temporada de sequía o escasez de otros forrajes.
	La producción de biomasa por árbol es de 6.5 kg, y de 4.22 ton*ha-1 considerando una densidad de 650 árboles.

Nombre científico	***Leucaena esculenta*** **(DC.) Benth**
Nombre común	Querenda, Guaje colorado
Familia	Fabaceae (leguminoideae)
Subfamilia	Mimosidea.
Rasgos generales	Árbol perennifolio de 2.5 a 7(15) m de alto. Copa algo abierta y rala, con gran cantidad de ramas. Hojas compuestas, estípulas ovadas, margen ciliado, persistentes. Inflorescencia en capítulos axilares, en fascículos de 3 a 5, a veces agrupados en racimos, (95 a 110 flores). Flor con cáliz verde-blanquecino. Los frutos son vainas 3 a 5 por capítulo, lineares. Semillas 16 a 22, insertas oblicua o transversalmente en el fruto, ovadas a rómbicas, comprimidas, testa de color pardo oscuro brillante. Tolerante a sequía, pero susceptible a heladas.
Potencial forrajero	El follaje y vainas se ofrecen al ganado bovino y caprino por su alta digestibilidad (60-70%), entre un 20 y 27% de proteína, caroteno, vitamina K y otros nutrimentos. Sin embargo, el follaje y semillas son tóxicos para los equinos y porcinos.
	La producción de biomasa fresca por árbol es de 6.3 kg, y de 4.1 ton*ha^{-1} considerando una densidad de 650 árboles.
Nombre científico	***Lysiloma divaricata*** **(jacq.) MacBride**
Nombre común	Palo prieto, quiebrahacha
Familia	Fabaceae (leguminoideae)
Subfamilia	Mimosidea.
Rasgos generales	Árbol de 3 a 15 m de alto; corteza escamosa o áspera, hojas verde-amarillentas, glabras, caducas; inflorescencias en forma de capítulos globosos; flores sésiles, blancas a blanco-amarillentas pálidas; vaina oblonga a angostamente oblonga, recta, de 8 a 13.5 cm de largo; semillas 10 a 12 por vaina, elípticas a ovadas, de 7 a 13 mm de diámetro. Tolerante a sequias.
Potencial forrajero	El follaje y las vainas tiernas se consumen por todo tipo de ganado sobre todo durante la sequía o escases de otros forrajes.
	La producción de biomasa por árbol es de 5.1 kg, y de 3.32 ton*ha-1 considerando una densidad de 650 árboles.

Respecto al análisis bromatológico de estas especies, en la Tabla 2 se muestran los resultados.

En general se observan niveles aceptables de proteína cruda y digestibilidad para todas las especies evaluadas; sin embargo, se esperaba que la *Leucaena* presentara los mayores niveles de proteína cruda como lo menciona Estrada *et al*. (2017) que registró niveles superiores al 22%. En nuestro estudio, el Huizache registró el mayor valor con 18.90%. Asimismo, se muestra el análisis bromatológico realizado al zacate grama (*Cynodon dactylon*), su contenido es similar al de la proteína del pasto estrella de África, uno de los pastos más usados en sistemas intensivos de producción de carne y leche en pastoreo en el trópico húmedo de México.

Tabla 2. Composición química y digestibilidad de las arbustivas nativas.

Especie	% humedad	% proteína	% fibra cruda	% carbohidratos	% DMO
Huizache (*Acacia farneciana*)	10.75	18.90[a]	17.75	51.00	59
Guaje colorado (*Leucaena esculenta*)	12.43	16.14[b]	20.56	52.48	63
Palo blanco *(Hesperalbizia occidentalis)*	11.78	15.97[b]	21.16	50.28	57
Jaboncillo (*Brongniartia lupinoides*)	11.95	13.78[c]	25.36	39.95	52
Palo prieto (*Lysiloma divaricata*)	10.35	13.56[c]	23.57	53.24	56
Zacate grama (*Cynodon dactylon*)	08.96	07.22[d]	31.94	46.61	57

Todos los porcentajes en base seca. DMO = digestibilidad in vitro de la materia orgánica. Diferencias significativas: a, b, c y d.

Los datos indican que hay diferencias significativas entre el zacate y las arbustivas, también dentro de las arbustivas hay diferencias; siendo el Huizache la arbustiva forrajera con el mayor valor de proteína cruda que resulta superior, seguida de la Leucaena y Palo blanco.

En un estudio similar, Cab-Jiménez (2015) evaluó a siete leguminosas forrajeras, donde obtuvo valores para *Lysiloma latisiliquum* de 15.1 a 17.1%, *Albizzia lebbeck* 21.0-24.0%, *Senna racemosa* de 19.3-19.5%, que resultan similares a los que se obtuvieron en este estudio.

Respecto a la digestibilidad (DMO) esta resultó por debajo de otros estudios con arbustivas forrajeras como *Trichanthera gigantea* (78.68%) y *Morus indica* (83.26%) reportado por Flores *et al*. (2000), o similares como lo reportado por Meza-Bone *et al*. (2012) que indica valores de 59.58% para *Morus indica*, y de Cab-Jiménez (2015) que encontró valores desde 59.1% (*Senna pendula*) hasta 67.1% (*Bauhinia divaricata*); pero superiores a otros estudios donde la mayoría de ellos se evaluaron mezclas de arbustivas forrajeras con maíz o alfalfa, por lo que los resultados obtenidos muestran un buen potencial para su uso forrajero de las especies evaluadas.

Diversos autores han demostrado la importancia de las arbustivas forrajeras como complemento de las dietas para el ganado que pastorea habitualmente (Cabrera *et al*., 2019) o pueden agregarse para en el ensilaje de cultivos forrajeros (Prado *et al*., 2010).

Conclusiones

Las especies forestales nativas con aptitud forrajera es debido a sus porcentajes de proteína cruda y digestibilidad, lo cual las hace recomendables para la alimentación del ganado. En este sentido *Acacia farmeciana* (huizache) resultó la mejor especie en cuanto a contenido de proteína cruda (18.9%) y segunda en digestibilidad (59%), mientras que fue *Leucaena esculenta* (Guaje colorado) la mejor especie en cuanto a digestibilidad (63%) y la segunda en proteína cruda (16.14%).

Agradecimientos

Los resultados son parte del proyecto fiscal “Módulo integral para la alimentación animal” y su ficha tecnológica “producción y manejo de arbustivas forrajeras”.

Bibliografía

Cabrera N., A., Lammoglia V.M., Alarcón P.S., Martínez S.C., Rojas R.R., y Velázquez J.S. 2019. Árboles y arbustos forrajeros utilizados para la alimentación de ganado bovino en el norte de Veracruz, México. Abanico Veterinario, Vol. 9, enero-diciembre 2019, 1-19. http://dx.doi.org/10.21929/abavet2019.913

Carranza, C. y Ledesma, M. 2005. Sistemas silvopastoriles en el Chaco Árido. IDIA XXI (8): 230-236 Estrada-Castillón, E. y Jurado, E. 2005. Leguminosas del norte del estado de Nuevo León, México. Acta Botánica Mexicana. 73: 1-18.

Gómez, M. E., Rodríguez L., Murgueitio E., Ríos C.I., Méndez M. R., Molina C. H., Molina, E., Molina, J. P. 2002. Árboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación animales como fuente proteica. Tercera edición, Cali, Colombia, pp. 147.

Estada L., I., Vences P.J., Salas R.I.G., Arriaga J.C.M., Albarrán P.B., y Yong A.G. 2017. Tendencias y perspectivas de la ganadería doble propósito en el Altiplano Central de México: un enfoque sostenible de producción. *En:* Cavalloti V., B.A., Cesín V., J.A., y Ramírez V., B. 2017. Estudios sociales y económicos de la producción pecuaria. Primera edición, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México, México., pp. 205.

Meza-Bone, G.A., Sánchez L.A.R., Meza C.M.A., Meza B.C.J., Franco S.N.G., Avellaneda C.J.H., Estuñinan V.K.A., Barrera A.A.E., Cabrera V.R.P., Vera A.D.F., y Liuba D.G.A. 2012. Digestibilidad in vivo de forrajeras arbustivas tropicales para la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus* Linnaeus), en el litorial ecuatoriano. Revista Veterinaria y Zootecnía 6(2), 8-16.

Prado B.J., Lemus F.C., Sangines G.L., Aguirre O.J., Ramos Q.A. 2010. Comportamiento productivo de ovinos en crecimiento en un sistema silvopastoril (*Leucaena leucocephala – Brachiaria brizantha*). V Reunión Nacional Sobre Sistemas Agro y Silvopastoriles, Nayarit, México.

Ramírez, R.G. y Núñez-González, M.A. 2006. Chemical composition, digestion and mineral content of native forbs consumed by range sheep. Journal of Animal and Veterinary Advances. 5: 1158-1164.

Sosa, R. E. E., Pérez, R. D., Ortega, R. L., Zapata, B. G., 2004. Evaluación del potencial forrajero de árboles y arbustos tropicales para la alimentación de ovinos. Téc. Pecu. Méx. 42, 129-144.

SMAOT. 2020. Documento Técnico Base del Inventario de Especies Vegetales Nativas del Estado de Guanajuato. Primera edición, Secretaria de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial, Guanajuato, México, pp. 398.

Terrones R., T. del R.L., González S.C., y Ríos R.S.A. 2004. Arbustivas nativas de uso múltiple en Guanajuato. Libro Técnico No. 2, INIFAP, Campo Experimental Bajío, Celaya, Gto., México, pp 216.

Vázquez-Yanes C., Batis M.A.I., Alcocer S. M.I., Guadalupe D.M., y Sánchez D.C. 1999. Árboles y Arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Reporte técnico del proyecto J084. Consejo Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad-Instituto de Ecología, UNAM, México, pp. 69.

Comportamiento agronómico y contenido de proteína cruda de *Dichanthium aristatum* (Poir.) bajo cuatro diferentes intensidades de sombra simulada

Agronomic behavior and crude protein content of *Dichanthium aristatum* (Poir.) under four different intensities of simulated shade

Wiebe Toews, F. A.; Larroza Rodríguez, M. C.; Alonzo Griffith, L. A.; Caballero Mascheroni, J. D.; Fariña Díaz, T.; González Cabañas, J. F.*

Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Campus Universitario, San Lorenzo, Paraguay. *wiebefrank18@gmail.com

Resumen

El pasto Ángleton es muy utilizado en la región occidental del Paraguay, por lo cual se buscó determinar su tolerancia a la sombra y su posible productividad en sistemas silvopastoriles. Se valuó el efecto de la sombra sobre el comportamiento agronómico y nivel nutricional del pasto *Dichanthium aristatum*. El experimento se ejecutó bajo estructuras de media sombra con niveles de 35, 50, 65 y 80% en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción, en la ciudad de San Lorenzo. Fue empleando un diseño completamente al azar con 5 tratamientos y 5 repeticiones, totalizando 25 unidades experimentales. Se emplearon el ANOVA y la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) para evaluar los resultados obtenidos. Las variables analizadas fueron la altura de las plantas, producción de materia seca (MS), biomasa, área foliar específica (AFE), índice de área foliar (IAF), relación hoja/tallo y contenido de proteína bruta (PB). Los niveles de sombra de 65 y 80% fueron los tratamientos con las plantas más altas y, por lo tanto, con mayor producción de biomasa. El IAF y AFE fueron mayores en los niveles más altos de sombra, sin embargo, la producción de MS y la relación hoja/tallo se vio reducida
.

Palabras clave: *Ángleton, área foliar, materia seca, tolerancia.*

Abstract

Angleton grass is widely used in the western region of the Paraguay country, which is why it was sought to expose its tolerance to shade and its possible productivity in silvopastoral systems. The objective was to evaluate the effect of the shade using shading meshes on the agronomic behavior and nutritional level of the *Dichanthium aristatum* grass. The experiment was carried out under half-shade structures with levels of 35, 50, 65 and 80% in the experimental field of the Faculty of Agrarian Sciences of the National University of Asunción, in the city of San Lorenzo. Using a completely

randomized design with 5 treatments and 5 repetitions, 25 experimental units in total. ANOVA and Tukey's test ($p \leq 0.05$) were used to evaluate the results obtained. The variables analyzed were the height of the plants, dry matter production (DM), biomass, specific leaf area (SLA), leaf area index (LAI), leaf / stem ratio and crude protein content (CP). Shade levels of 65 and 80% were the treatments with the tallest plants and, therefore, with the highest biomass production. The LAI and SLA were higher in the highest levels of shade, but the DM production and the leaf / stem ratio were reduced.

Keywords: *angleton, dry matter, tolerance, leaf area.*

Introducción

La radiación solar constituye uno de los elementos más importantes para la producción de forraje aprovechable, dado que aporta toda la energía requerida para el crecimiento. La velocidad de recuperación de los carbohidratos de reserva está relacionada con la tasa de fotosíntesis, y esta depende directamente del remanente de hojas jóvenes (Alonso *et al*., 2006). Es conocido que la sombra tiene efectos positivos sobre varias especies de pastos y hasta cierto punto permite aumentar la producción de biomasa y el contenido de proteína bruta de una pastura, mejorando la calidad como alimento para rumiantes (Obispo *et al*., 2008).

Entre las gramíneas utilizadas en los sistemas de producción a pasto en la Región Occidental de nuestro país se encuentra el *Dichanthium aristatum.* Sin embargo, las informaciones disponibles sobre esta especie son muy reducidas y dispersas, lo que dificulta la práctica de manejo y utilización adecuada de esta forrajera en condiciones de sombra, por lo que resulta importante dar a conocer su comportamiento ante dicha situación y su posible incorporación en sistemas silvopastoriles. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la sombra en el comportamiento agronómico y contenido de proteína cruda de *D. aristatum.*

Esto se logró a través de la medición del porcentaje de emergencia, la altura de las plantas, número de hojas, tasa de aparición de hojas (TAH), filocrono, longitud y peso de raíces, relación parte aérea/raíz, relación hoja/tallo, índice de área foliar, área foliar específica y la producción de materia verde y seca. Para el análisis bromatológico se tuvo en cuenta el contenido de proteína bruta (PB). La hipótesis planteada fue que con la aplicación a partir del 35% de sombra se lograrían incrementos significativos en la producción y calidad del *D. aristatum*.

Materiales y métodos

El presente estudio se realizó en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, ubicado en la ciudad de San Lorenzo (25°19'40''20 lat. Sur, 57°31'09''61 long. Oeste) a 10 km de Asunción (Paraguay). El período de ejecución comprendió los meses de octubre de 2020 a enero de 2021. Las temperaturas medias no variaron mucho durante el transcurso del ensayo, registrándose valores entre los 22 y 32 grados Celsius (ºC). La precipitación total acumulada durante el periodo experimental fue de 790 mm y la humedad relativa media alcanzó el 70%.

Fue empleado un diseño completamente al azar con cinco tratamientos y cinco repeticiones. Los tratamientos consistieron en diferentes niveles de sombra simulada: 0% sombra (testigo/T_1); 35% sombra (T_2); 50% sombra (T_3); 65% sombra (T_4) y 80% sombra (T_5). La parcela seleccionada para el experimento estuvo expuesta a la luz solar total durante 10 horas al día. Se realizó una arada y rastreada previa a la instalación de las estructuras debido a la presencia de otra pastura y se aprovechó para el cargado de macetas. Este suelo fue de tipo franco-arenoso y fue analizado antes de la siembra. Las mallas se situaron a 1,5 m de altura y presentaron una dimensión de 3 m de longitud por 1 m de ancho. Cada malla fue sostenida por arcos formados con tubos tipo PVC situados a cada 1 m, los cuales a su vez eran sujetados mediante varillas de acero de construcción seccionadas en longitud de 1 m y fijadas a medio metro en el suelo. Las mallas (tipo raschel de polietileno) se ajustaron firmemente a los tubos mediante el uso de hilo de embalaje y fijadas al suelo con fragmentos de alambre.

Se establecieron 15 macetas (25x18 cm) en grupos de tres, cada 0,5 m, que constituyeron las 5 repeticiones por tratamiento, y en cada una se sembraron veinte semillas de *D. aristatum*, dejando una planta mediante el raleo a las tres semanas de la siembra. Así se contó con 25 unidades experimentales. La siembra se realizó en octubre del año 2020, bajo las mallas de sombra dispuestas en forma aleatoria sobre las estructuras. Se evaluó el pasto en ciclo de crecimiento a los 91 DDS (días después de la siembra) y el corte se efectuó (por única vez) a una altura de 10 cm sobre la superficie del suelo en las macetas. Los resultados obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza, y, en caso de presentarse diferencias se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ($P \leq 0,05$).

Las variables medidas fueron: porcentaje de emergencia, altura de planta, número de hojas, TAH, filocrono, macollos, longitud y ancho de la lámina foliar, longitud y peso de raíz, relación parte aérea/raíz, relación H: T, IAF, AFE, producción de MS y valores de PB. Las mencionadas fueron evaluadas después del corte a los 91 días después de la siembra (DDS).

- Porcentaje de emergencia: Se determinó mediante conteo de plantas emergidas después de haber pasado 3 días de la siembra hasta los 21 DDS, para cada repetición por tratamiento. El número de plantas emergidas se dividió por el número total de semillas sembradas por tratamiento, multiplicando el resultado por 100 para obtener un valor porcentual.

- Altura de plantas: se midió en centímetros, para el efecto se tomó la altura de una planta (marcada) por maceta, desde la base del tallo hasta el último ápice de crecimiento extendiendo la planta manualmente, lo mismo cuenta para la longitud de la lámina foliar (cuarta hoja de la planta marcada) y raíces, promediando los resultados para cada repetición.

- Tasa de aparición de hojas y filocrono: Para estas variables simplemente se dividieron el número de hojas y el número de días que pasaron o el número de días y el número de hojas, respectivamente.

- Relación parte aérea/raíz: Para la estimación de esta relación se pesaron las fracciones de materia seca (parte aérea) y las raíces secas, como el resultado del cociente entre estas partes se obtuvo la relación final.

- Relación hoja/tallo: Se determinó una vez secadas las plantas, pesando con balanza electrónica la fracción de hojas y la de tallo respectivamente. Se obtuvo el resultado como el cociente entre el peso de la fracción seca de hojas y tallo.

- Área foliar específica e índice de área foliar: Para obtener el área de las hojas se empleó un programa informático llamado ``Determinador digital de áreas`` o ``DDA`` (Ferreira *et al*., 2008). Mediante la ayuda de un escáner, fueron escaneadas todas las hojas de 3 plantas por repetición (1 por maceta) y las imágenes obtenidas fueron procesadas por el programa mencionado. Para el AFE se dividirá este resultado por el peso seco de las hojas (mg/cm2).

En cuanto al IAF, se expresa el área foliar sobre el área del suelo ocupado por la misma planta (en m2/m2). Este índice se determinó dividiendo el área foliar (AF) por área del suelo (AS): AF/AS.

- Producción de materia seca: Se obtuvo el porcentaje de materia seca una vez secado en estufa durante 72 horas el material verde mediante la diferencia de peso entre la muestra húmeda y seca. La diferencia se multiplicó por 100 para obtener el porcentaje (contenido de materia seca).

-Análisis Bromatológico: se llevó a cabo en el laboratorio del Área de Producción Animal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad

Nacional de Asunción con los equipos especiales correspondientes, moliendo la muestra seca. El análisis abarcó el contenido de PB (por el método de Kjeldahl).

Resultados y discusión

Como se indica en la Tabla 1, el porcentaje de emergencia mayor fue encontrado bajo sombra de 65%, seguido por las plántulas bajo 80% de sombra. La emergencia de las plántulas bajo altos niveles de sombra es favorecida por la menor temperatura del suelo y una prolongada mantención de la humedad, debido a la intercepción de la luz solar. Se encontraron diferencias entre todos los tratamientos presentes con respecto a la altura de las plantas. Cabe destacar que las plantas cultivadas bajo la mayor intensidad de sombra (80%) resultaron ser un 33,11% más altas que las del nivel subsiguiente, de 65%, y aquellas bajo sombra de 35% fueron superiores a las plantas que crecieron a plena luz solar, en un 86,05%. Este comportamiento de las plantas de *D. aristatum* es sostenido por Alonso *et al*., (2006), quienes encontraron que el pasto *Megathyrsus maximus* tuvo valores de altura mayores que las plantas expuestas a la luz solar.

También Gamarra *et al*., (2018) encontraron diferencias significativas en la altura de plantas de *M. maximus* a favor de las plantas sombreadas. Las plantas sombreadas buscan la luz solar, a lo que se atribuye el alongamiento del tallo y las hojas. Las raíces más largas las obtuvieron las plantas bajo el nivel de sombra más elevado y fueron significativamente diferentes a todos los tratamientos con excepción del T3 (50% de sombra). Por otra parte, bajo el nivel de 35% de sombra, los resultados difirieron significativamente con el tratamiento del testigo. En cuanto al peso radicular se registraron diferencias estadísticas; bajo el nivel de sombra de 50% se obtuvieron los mayores valores. Analizando la relación entre la parte aérea/raíz, se observa el mayor valor en las plantas sombreadas por la mayor intensidad (Tabla 1).

Tabla 1. Valores de emergencia (a 21 DDS) y altura, longitud de raíz (LR), peso radicular (PR) y relación entre la parte aérea y radicular (PA/R) de *Dichanthium aristatum* a 91 DDS.

Tratamientos*	Emergencia (%)	Altura (cm)	LR (cm)	PR (gr)	Relación PA/R
T_1	$52,80^{D}$	$30,08^{E}$	$31,17^{C}$	$9,49^{B}$	$0,97^{C}$
T_2	$63,40^{C}$	$56,00^{D}$	$33,60^{B}$	$9,91^{AB}$	1.68^{BC}
T_3	$67,20^{C}$	$65,62^{C}$	$34,77^{AB}$	$10,83^{A}$	$1,89^{B}$
T_4	$79,60^{A}$	$89,40^{B}$	$31,67^{BC}$	$8,51^{BC}$	$2,82^{AB}$
T_5	$75,00^{B}$	$119,86^{A}$	$36,10^{A}$	$7,09^{C}$	$3,31^{A}$
CV (%)	**3,03**	**5,75**	**10,21**	**4,45**	**9,30**
p-valor	**0,001**	**0,001**	**0,016**	**0,001**	**0,001**

*Tratamientos: T_1=Testigo, T_2= 35% de sombra, T_3= 50% de sombra, T_4= 65% de sombra, T_5= 80% de sombra

$^{(A, B, C, D)}$ Medias con las mismas letras en las columnas no difieren entre sí (p>0,05) por la prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error. CV= coeficiente de variación

Gómez *et al*., (2016) señala que la alta relación parte aérea/raíz bajo sombra muestra una desventaja en la eficiencia del uso de radiación que se estima a partir de datos de la biomasa aérea al comparar diferentes niveles de sombra. En la Tabla 2 se muestra que, en cuanto al número de hojas todos los tratamientos fueron diferentes al testigo, superándolo. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Zelada (1996), quien informó un mayor contenido de hojas en las gramíneas que crecen bajo sombra. Sin embargo, estos resultados no coinciden con los de Gómez *et al*., (2016), quienes encontraron mayor cantidad de hojas a plena luz solar. Ruíz *et al*., (2010), trabajando con pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis)*, expuso diferencias entre el número de hojas/planta entre tratamientos sombreados y no sombreados. Los tratamientos con sombra presentaron mayor cantidad de hojas, difiriendo significativamente de los tratamientos sin sombra.

Teniendo en cuenta los valores de TAH (tasa de aparición de hojas) se observa que todos los tratamientos con sombra difirieron del testigo, excepto el tratamiento con la intensidad de sombra más alta. Se deduce de estos resultados que las plantas bajo luz solar formaron significativamente menos hojas por día que cualquier otro tratamiento. Esto es sostenido por los valores de filocrono, los cuales indican que a luz solar plena las plantas requieren de más tiempo para formar nuevas hojas.

En la medición final del número de macollos, se encontró que las plantas sombreadas con la menor y mayor intensidad obtuvieron los mayores números de macollos; 29,13 y 33,38% mayor al testigo, respectivamente. El mayor número de hojas/macollo fue encontrado bajo sombra del 50%, difiriendo éste únicamente del tratamiento con la intensidad de sombra más alta. Estos resultados indican que la presencia de sombra favorece la formación de hojas, lo cual podría darse como un proceso de acomodamiento de la planta para compensar la reducción de la fotosíntesis causada por la falta de luz.

Tabla 2. Valores de número final de hojas, tasa de aparición de hojas (TAH), filocrono, número de macollos y número de hojas de *Dichanthium aristatum* por macollo.

Tratamientos*	Nº hojas	TAH (d/hojas)	Filocrono (hojas/d)	Nº macollos	Nº hojas/ macollo
T_1	$13,80^{B}$	$0,15^{B}$	$6,64^{B}$	$8,00^{B}$	$1,81^{AB}$
T_2	$20,00^{A}$	$0,22^{A}$	$4,57^{A}$	$10,33^{A}$	$2,02^{AB}$
T_3	$19,00^{A}$	$0,21^{A}$	$4,86^{A}$	$9,33^{AB}$	$2,11^{A}$
T_4	$17,40^{A}$	$0,21^{A}$	$5,26^{A}$	$9,33^{AB}$	$1,94^{AB}$
T_5	$18,00^{A}$	$0,20^{AB}$	$5,07^{A}$	$10,67^{A}$	$1,74^{B}$
CV (%)	**9,32**	**14,39**	**9,42**	**9,57**	**9,83**
p-valor	**0,001**	**0,01**	**0,001**	**0,0016**	**0,038**

*Tratamientos: T_1=Testigo, T_2= 35% de sombra, T_3= 50% de sombra, T_4= 65% de sombra, T_5= 80% de sombra

$^{(A, B, C)}$ Medias con las mismas letras en las columnas no difieren entre sí (p>0,05) por la prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error. CV= coeficiente de variación.

Como se presenta en la Tabla 3, el testigo obtuvo la relación hoja/tallo más elevado, no difiriendo con el nivel de sombra de 35%. Estos resultados contradicen los obtenidos por Mahecha *et al*., (2015), quienes presentaron diferencias significativas para la variable relación hoja/tallo, pero en este caso los mayores valores obtuvieron los tratamientos con los niveles más elevados de sombra, siendo el pasto estudiado *Brachiaria decumbens.*

Para la variable área foliar, se registraron diferencias estadísticas entre la intensidad de sombra empleada más alta y todos los demás tratamientos, excepto de la intensidad de sombra del 65%.

También pudieron encontrarse diferencias entre los valores de AFE (área foliar especifica) por tratamientos, siendo que el tratamiento con nivel de sombra más elevado fue claramente mayor al resto, registrándose diferencias significativas con los demás niveles de sombra y el testigo. Los resultados expuestos concuerdan con los registrados por Gómez *et al*., (2016), quienes sustentan que los tratamientos sombreados tienen un área foliar más alta debido a un aumento en el área foliar específica (AFE).

Tabla 3. Valores finales de relación hoja/tallo, área foliar (AF), área foliar específica (AFE) e índice de área foliar (IAF) en plantas de *Dichanthium aristatum* a 91 DDS.

Tratamientos*	Relación H/T (g/g)	AF (cm^2)	AFE (cm^2/gr)	IAF (m^2/m^2)
T_1	$2,99^{A}$	$312,83^{D}$	$248,82^{C}$	$1,23^{D}$
T_2	$2,18^{AB}$	$637,60^{C}$	$316,20^{B}$	$2,5^{C}$
T_3	$1,98^{B}$	$753,41^{BC}$	$328,12^{B}$	$2,96^{BC}$
T_4	$1,43^{B}$	$838,43^{AB}$	$310,10^{B}$	$3,29^{AB}$
T_5	$1,39^{B}$	$958,31^{A}$	$393,55^{A}$	$3,77^{A}$
CV (%)	**11,52**	**9,82**	**7,09**	**9,83**
p-valor	**0,001**	**0,001**	**0,013**	**0,001**

*Tratamientos: T_1=Testigo, T_2= 35% de sombra, T_3= 50% de sombra, T_4= 65% de sombra, T_5= 80% de sombra

$^{(A, B, C, D)}$ Medias con las mismas letras en las columnas no difieren entre sí (p>0,05) por la prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error. CV= coeficiente de variación.

Para la variable IAF (índice de área foliar), fue claramente mayor en el nivel de sombra más alto, presentando diferencias significativas con los demás tratamientos, menos con el de 65% de sombra. Estos resultados no concordaron con los expuestos por Gómez *et al*., (2016), quienes expusieron datos del IAF de plantas sombreadas de *M. maximus,* y cuyos resultados no mostraron diferencias significativas (Tabla 3).

En cuanto a la producción de biomasa, la misma fue mayor en todos los tratamientos sombreados, siendo también significativamente diferente frente al tratamiento sin sombra. Los mayores valores se registraron en el T4

(65% de sombra), a su vez, no presentó diferencias con las plantas cultivadas bajo 50 y 80% de sombra (Tabla 4). Estos datos concuerdan con los de Ruíz *et al*., (2010), quienes encontraron diferencias significativas a favor de los tratamientos con sombra empleando el pasto *C. nlemfuensis*.

Estos resultados revalidan los obtenidos por Rodríguez *et al*., (2002) sobre otros pastos C4 y muestran que, cuando la disponibilidad de nutrientes y agua es alta, la disminución de la irradiación deprime la producción total de MS. En cuanto al contenido de PB, el mayor valor se registró bajo el 35% de sombra, difiriendo del testigo. Otros autores como Alonso *et al*. (2011) encontraron diferencias significativas para la PB a favor de las áreas con sombra moderada a elevada.

Tabla 4. Producción de materia verde (MV), materia seca (MS) y contenido de proteína bruta de *Dichanthium aristatum* a los 91 DDS.

Tratamientos*	MV (gr.)	MS (gr.)	Materia Seca (%)	Proteína Bruta (%)
T_1	$4,76^{C}$	$1,82^{B}$	$38,82^{A}$	$4,11^{B}$
T_2	$10,08^{B}$	$3,32^{AB}$	$32,17^{B}$	$4,65^{A}$
T_3	$13,32^{AB}$	$4,10^{A}$	$31,21^{B}$	$4,38^{AB}$
T_4	$15,62^{A}$	$4,80^{A}$	$33,04^{B}$	$4,06^{B}$
T_5	$14,94^{AB}$	$4,70^{A}$	$31,67^{B}$	$4,47^{AB}$
CV (%)	**5,57**	**4,23**	**6,63**	**5,7**
p-valor	**0,001**	**0,001**	**0,001**	**0,0058**

*Tratamientos: T_1=Testigo, T_2= 35% de sombra, T_3= 50% de sombra, T_4= 65% de sombra, T_5= 80% de sombra

$^{(A, B, C, D)}$ Medias con las mismas letras en las columnas no difieren entre sí (p>0,05) por la prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error. CV= coeficiente de variación.

Conclusiones

Dadas las condiciones durante el transcurso del experimento, se concluye que la sombra favorece el crecimiento del *D. aristatum*. A niveles de sombra de 65 y 80% se obtiene plantas más altas y, por lo tanto, con mayor producción de biomasa. El IAF y AFE fueron mayores en los niveles más altos de sombra, sin embargo, producción de MS y la relación hoja/tallo se vio reducida. Por otra parte, hasta un 35% de sombra aumentó el contenido de PB.

Referencias bibliográficas

Alonso, J., Febles, G., Ruíz, T., Achang, G., 2006. Efecto de la sombra en la gramínea asociada en un sistema silvopastoril de leucaena-guinea durante sus diferentes etapas. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 40, No. 4.pp. 503-510. Consultado el 24 de junio de 2020. Disponible en https://www.redalyc.org/pdf/1930/193017672015.pdf

Alonso, J., 2011. Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 45, Número 2. pp. 107-114. Consultado el 24 de junio de 2020. Disponible en https://www.redalyc.org/pdf/1930/193022245001.pdf

Cruz, P., 1997. Effect of shade on the growth and mineral nutrition of a C4 perennial grass under field conditions. Plant and Soil. 188: p. 227-237. Kluver Academica Publishers. Países Bajos. Consultado 13 septiembre 2019. Disponible en https://link.springer.com/article/10.1023/A:1004296622463

Gamarra, C., Lezcano, M., Vera, M., del Pilar, M., Cabrera, A., 2018. Relación carbono-nitrógeno en suelos de sistemas silvopastoriles del Chaco paraguayo. Revista Mexicana de Ciencias Forestales Vol. 9 (46). Consultado el 23 de junio de 2020. Disponible en https://rb.gy/iruonm

Gómez, M., Navaro, O., Pérez, A., 2016. Evaluacion de la frecuencia de corte del pasto guinea mombazav (*Megathyrsus maximus*, Jacq), en condiciones de sol y sombra natural en el municipio de Sampués, Sucre-Colombia. Rev colombiana Cienc Anim 2016; 8(Supl):283-292. Consultado el 25 de junio de 2020. Disponible en https://www.recia.edu.co/index.php/recia/article/view/383

Lin, B., 2010. The role of agroforestry in reducing water loss through soil evaporation and crop transpiration in coffee agroecosystems. Agricultural and Forest Meteorology Vo. 150. pp. 510–518. Consultado el 05 de marzo de 2021. Disponible en https://rb.gy/zgenjh

Mahecha, L., Angulo, J., Barragán, W., 2015. Efecto de la sombra en cambios estructurales de Brachiarias asociadas a T. Diversifolia y/o C. argéntea. 3° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles - VIII Congreso Internacional de Sistemas Agroforestales. pp. 294-297. Consultado el 25 de junio de 2020. Disponible en https://rb.gy/kcxoxf

Obispo, N., Yusmary, J., Gil, F., Rodríguez, M., 2008. Efecto del sombreado sobre la producción y calidad del pasto guinea (*Panicum maximum*) en un sistema silvopastoril. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Maracay, Aragua, Venezuela. Zootecnia Trop., 26(3): p. 285-288. Consultado 07 noviembre 2019. Disponible en https://rb.gy/e4cxqi

Rodrigues, A., Zago, L., da Silva, V., Vincenzi, M., 2002. Resposta de pastagens naturalizadas a diferentes níveis de sombreamento. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 10, n. 2, pp. 265-271. Consultado el 23 de junio de 2020. Disponible en http://www.sbagro.org/files/biblioteca/1350.pdf

Zelada, E., 1996. Tolerancia a la sombra de especies forrajeras herbáceas en la zona atlántica de Costa Rica [Tesis de maestría]. Turrialba: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza-CATIE. 88 p. Consultado 30 noviembre 2019. Disponible en https://rb.gy/ovugnr

Momento óptimo de utilización de tres especies arbustivas en dos épocas del año en sistemas silvopastoriles intensivos de Pucallpa- Perú

The optimum time of use of three shrub species in two seasons of the year in intensive Silvopastoral systems in Pucallpa- Peru

L. Medina Davila[1]; Z. Clavo Peralta[1]; J. Vela Alvarado[2]; J. Olazabal Pavel; C. Alvez Valles[1]

[1] Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Medicina Veterinaria, Estación IVITA Pucallpa. Jr. Daniel A. Carrión 319, Pucallpa. zclavop@unmsm.edu.pe. [2] Universidad Nacional de Ucayali, Facultad de Ciencias Agropecuarias; Grupo SISBA. Pucallpa, Perú

Resumen

La ganadería en la Amazonia peruana es predominantemente extensiva, con pastoreo continuo, con pastos establecidos en monocultivo, generando una producción de carne y leche insostenible. La sostenibilidad de los sistemas de producción ganadera, implica la reconversión de pasturas en monocultivo a sistemas silvopastoriles (SSP), donde el componente arbusto/árbol del sistema juega un papel importante para lograr el bienestar del ganadero, del ganado y del medioambiente. El objetivo de este estudio fue determinar el momento óptimo de utilización al pastoreo de tres especies arbustivas por efecto de cuatro edades de rebrote después de la poda en dos épocas de precipitación para su uso en SSP. En un módulo de un SSP establecido en la Estación IVITA Pucallpa (Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altuta) se evaluaron las especies arbustivas *Cratylia argentea*, *Erythrina berteroana y Leucaena leucocephala* en cuatro edades de rebrote después de la poda a 10, 20, 30 y 40 días, en época seca y época lluviosa. Se midió el Rendimiento de Forraje MS (kg/ha), Digestibilidad *in situ* de la materia seca (DISMS) (%), Proteína Cruda (PC) y Minerales Ca, Mg, P, y K (%). Para conocer la relación entre las variables independientes (X) y dependientes (Y), se realizó una regresión múltiple utilizando el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) de acuerdo al siguiente modelo matemático: $Yj = bo + b1X1j + b2\ X2j + uj$. Para calcular el momento óptimo de utilización de la pastura, la ecuación de regresión de la biomasa forrajera fue derivada en función a la edad de rebrote. Las tres especies presentaron bajo contenido de biomasa por hectárea, la que podría deberse a la medición a un periodo muy corto de rebrote y al bajo número de plantas por hectárea (2000). El porcentaje DISMS para las tres especies fue alta; el contenido de PC de las tres especies fluctuó entre 29 y 38 por ciento y el contenido de minerales fue alto en todas las especies. El análisis estadístico mostró que no hubo diferencias significativas para ninguna de las variables en las épocas de precipitación; el momento óptimo de pastoreo de las tres especies se

observan en las Figuras 1, 2 y 3. Se concluye para un mejor aprovechamiento de las especies el momento óptimo para *Cratylia argentea* debe ser a partir de los 30 días de edad de rebrote; para *Erythrina berteroana* a partir de los 46 días; mientras que para *Leucaena leucocephala* a partir de los 22 días. Todas lograron los mejores contenidos de proteína y minerales a partir de los 30 días de rebrote.

Palabras clave: *Cratylia argéntea*, *Leucaena leucocephala*, *Erythrina berteroana*, *digestibilidad*.

Abstract

Livestock in the Peruvian Amazon is predominantly extensive, with continuous grazing, with pastures established in monoculture, generating unsustainable meat and milk production. The sustainability of livestock production systems implies the reconversion of monoculture pastures to silvopastoral systems (SSP), where the shrub /tree component of the system plays an essential role in achieving the well-being of the farmer, livestock and the environment. The objective of this study was to determine the optimal time of use when grazing three shrub species due to the effect of four regrowth ages after pruning in two periods of precipitation for use in SSP. The shrub species *Cratylia argentea, Erythrina berteroana* and *Leucaena leucocephala* were evaluated at four regrowth ages after pruning at 10, 20, 30 in a module of an SSP established at the IVITA Pucallpa Station (Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altuta). and 40 days, in dry season and rainy season. Forage Yield MS (kg / ha), Digestibility in situ of dry matter (DISMS) (%), Crude Protein (PC) and Minerals Ca, Mg, P, and K (%) were measured. To know the relationship between the independent (X) and dependent (Y) variables, a multiple regression was performed using the Ordinary Least Squares (OLS) method according to the following mathematical model: $Yj = bo + b1X1j + b2\ X2j + uj$. To calculate the optimum moment of pasture utilization, the regression equation for forage biomass was derived as a function of regrowth age. The three species presented low biomass content per hectare, which could be due to the measurement of a very short regrowth period and the low number of plants per hectare (2000). The DISMS percentage for the three species was high; the CP content of the three species ranged between 29 and 38 percent and the mineral content was high in all species. The statistical analysis showed that there were no significant differences for any of the variables in the periods of precipitation; the optimal time of grazing of the three species is observed in Figures 1, 2 and 3. It is concluded for a better use of the species, the optimal time for C. *argentea* should be after 30 days of regrowth; for *E. berteroana* from 46 days; while for *L. leucocephala* from 22 days. All achieved the best protein and mineral content after 30 days of regrowth.

Key words: *Cratylia argéntea, Leucaena leucocephala, Erythrina berteroana, digestibility.*

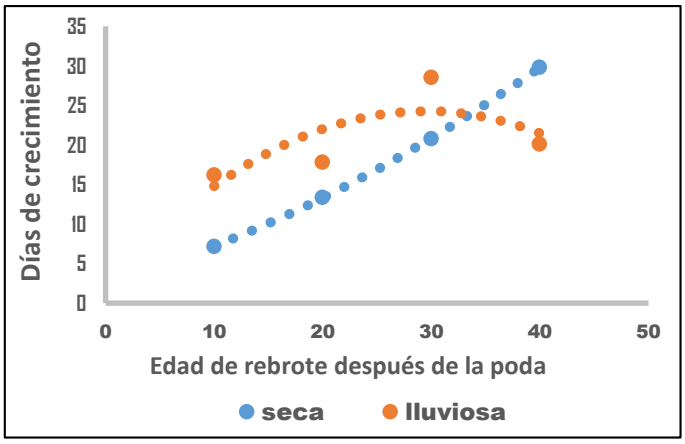


Figura 1. Momento óptimo de pastoreo de la forrajera arbustiva *Cratylia argéntea*

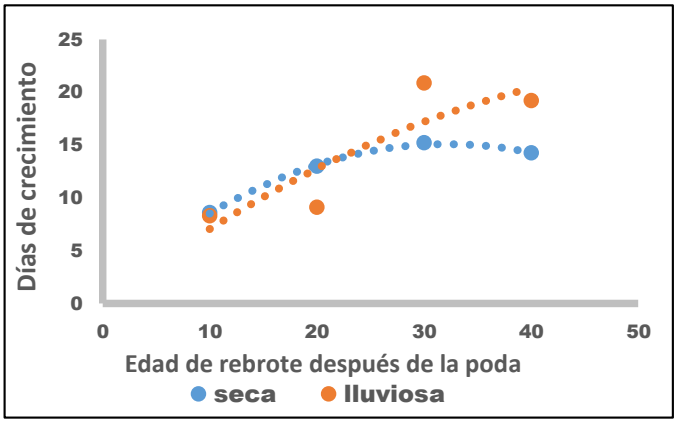


Figura 2. Momento óptimo de pastoreo de la forrajera arbustiva *Erythrina berteroana*

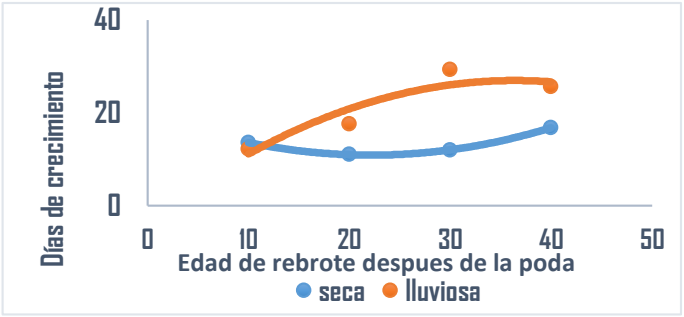


Figura 3. Momento óptimo de pastoreo de la forrajera arbustiva *Leucaena leucocephala*

Crecimiento y producción de maíz en diferentes sustratos tratados con carbón vegetal proveniente de sistemas silvopastoriles

Corn plant growth and production in different substrates treated with charcoal from silvopastoral systems

*[1, *]C. Durana; J.J. [2]Lopera-Marín; [1]A. Coronado; [2]E. Murgueitio; [2]A. Galindo*

[1]Reserva Natural El Silencio, municipio San Francisco, Cundinamarca
[2]Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria -CIPAV-
[*]Autor para correspondencia: ranadu1@gmail.com

Resumen

El carbón vegetal, al igual que el biocarbón (biochar), presentan un creciente interés en ser estudiados con el fin de conocer la utilidad para mejoramiento de suelos para agricultura y ganadería. Poco se ha estudiado la incorporación de éstos en suelos de sistemas silvopastoriles en los que se genera exceso de biomasa leñosa que debe ser manejada para evitar sombrío en las pasturas y favorecer la producción de madera. Se realizó un ensayo para evaluar el efecto de la adición de carbón vegetal (cisco) [11] , subproducto de carbonificación de biomasa leñosa, sobre el crecimiento de plantas de maíz en diferentes sustratos, con y sin adición de humus de lombriz, provenientes de sistemas silvopastoriles de ladera altoandina. Esta práctica se puede configurar como una estrategia para reincorporar al suelo la biomasa sobrante de los árboles de estos sistemas en forma de carbón al suelo, buscando acondicionarlo y aumentar la producción de forraje para el ganado, a la vez que se contribuye a la mitigación del cambio climático. Se compara su efecto sobre distintos sustratos presentes en un sistema productivo, encontrando que, en suelos con mayor acidez, el cisco tiene (al igual que el biocarbón reportado en otros trabajos de investigación) un efecto positivo sobre la producción de biomasa aérea que se potencializa cuando se combina con lombricompuesto.

Palabras clave: *altura, biomasa aérea, biomasa radicular, sistemas silvopastoriles.*

Abstract

There is a growing interest in studying charcoal and biochar as soil conditioners in agricultural and livestock soils. However, little has been

[11]Cisco: carbón vegetal menudo que sale como subproducto de la elaboración de carbón vegetal y que tradicionalmente es conocido por los campesinos como mejorador de suelos (Definición de la RAE)

studied in its incorporation in silvopastoral systems, where an excess of woody biomass is produced in the forest management to avoid shade in pastures and enhance wood production. A trial was conducted to assess the effect of charcoal dust (cisco), -a by-product of woody biomass carbonization- added in the soil, on the growth of corn plants in different substrates, with and without the addition of earthworm compost. This practice can be proposed as a strategy to reincorporate the excess biomass from trees of silvopastoral systems as charcoal into the soil, enhancing fertility and increasing forage production for livestock while helping to mitigate climate change. We compare the effect of charcoal addition on different substrates in a high Andean hillside silvopastoral system, finding that, in more acidic soils, charcoal dust has (as well as biochar reported in other research works) a positive effect on aerial biomass production that increases when charcoal is combined with worm compost.

Keywords: *height, aerial biomass, root biomass, silvopastoral systems, silvopastoral systems.*

Introducción

Las especies arbóreas en los sistemas silvopastoriles (SSP) requieren diferentes labores de mantenimiento, como son deshierbe, fertilización, podas y raleos. En estas dos últimas se genera gran cantidad de biomasa leñosa que necesita disponerse correctamente para evitar que ocupe espacio productivo, y que, en su descomposición, genere gases efecto invernadero. Una opción en los SSP es transformar esta biomasa en carbón vegetal, que convencionalmente se utiliza como combustible y que tiene la opción de aplicarse en el suelo para mejorar sus propiedades. Surge la pregunta de si el efecto de este carbón producido de manera tradicional se asimila al biocarbón descubierto por los científicos en la década de 1970 en la Amazonia como mejorador de suelos. En este caso, sería posible cerrar un ciclo en los SSP, adecuar el suelo y aumentar la producción de forraje, a la vez que se contribuye a la mitigación del cambio climático complementando la captura de carbono en el SSP con la fijación de carbón en el suelo.

El biocarbón es un material destinado al uso agrícola y es producido a través del proceso de pirólisis con poca o nula presencia de oxígeno, a temperaturas entre los 350°C y 1000°C (Verheijen, 2010; Shackley *et al*., 2012; Preston, 2013). Es utilizado para el acondicionamiento de suelos, ya que contiene altas concentraciones de nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, y mayores cantidades de materia orgánica estable (Glaser y Haumaier, 2000). También mejora las propiedades físicas y biológicas del suelo (Escalante *et al*., 2016). Existen diferentes calidades de carbón, según el material que se somete al proceso de pirólisis y las especificaciones de este proceso

(Verheijen, 2010; Lorentz y Lal, 2018), siendo algunos materiales más adecuados como combustible y otros para acondicionar suelos (Major, 2012). En la elaboración del carbón vegetal se produce un residuo denominado cisco (charcoal fine, charcoal dust) que está conformado por partículas de carbón y que representa el 20% del material generado en la pirólisis; se afirma que el cisco tiene propiedades como acondicionador de suelos similares a las del biocarbón, (Sangusk *et al*., 2020)

En laderas altoandinas colombianas donde se lleva a cabo la ganadería en zonas de pendientes entre moderadas y fuertes predominan suelos ácidos de constitución arenosa-arcillosa con deficiencia de capacidad de retención hídrica. El establecimiento de SSP en estas ganaderías, además de brindar beneficios como producción de alimento para el ganado, sombrío y control biológico, tiene el potencial de producción de carbón vegetal y biocarbón para mayor producción de forraje y regulación hídrica. Por otra parte, la adición de biocarbón al suelo contribuye a la mitigación del cambio climático por ser una forma estable de carbono, convirtiéndose en un reservorio de este elemento a largo plazo al evitar su emisión a la atmósfera en forma de CO_2 en el proceso de degradación de la materia orgánica (Lehman, 2015).

En sistemas ganaderos, la cantidad de estructuras microscópicas del biocarbón que tienen el potencial de facilitar la anidación de bacterias, hongos y actinomicetos (Preston, 2013), promueven la retención de los nutrientes derivados de las excretas del ganado y la disponibilidad de elementos claves como el fósforo. Este último favorece el desarrollo de leguminosas herbáceas en praderas que fijan el nitrógeno atmosférico, lo que cierra un ciclo aprovechando la biomasa leñosa de los árboles en el sistema ganadero. Por ejemplo, el estudio sobre la utilización de carbón vegetal como mejorador de suelos en sistemas ganaderos de Fiallos-Ortega *et al*., (2015) reporta el aumento en la producción de alfalfa (*Medicago sativa*) con diferentes adiciones de carbón al suelo, obteniendo mayor producción de forraje y un aumento en la rentabilidad económica con estas aplicaciones.

En esta misma línea, el presente trabajo evalúa los efectos de la adición de carbón vegetal (cisco), derivado del proceso de pirólisis de materia leñosa producida en las podas y raleos de un sistema silvopastoril de ladera altoandina. Para ello se compara el efecto de adicionar el carbón y el carbón mezclado con humus de lombriz en diferentes tipos de sustrato: bosque, potrero y subsuelo, a partir de las diferencias de crecimiento de plantas de maíz medidas en altura y en peso de biomasa aérea y de biomasa radicular. La investigación se realizó de manera participativa entre CIPAV [12] y propietarios y colaboradores de la finca.

[12]Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria

Materiales y métodos

Ubicación

El trabajo se llevó a cabo en la Reserva Natural El Silencio, localizada en los Andes orientales de Colombia, municipio de San Francisco, departamento de Cundinamarca, a una altitud de 2700 msnm, temperatura promedio de 14 °C; precipitación pluvial anual promedio de 1500 mm con régimen bimodal (dos períodos de lluvias, dos sin lluvias en el año); topografía entre ondulada y pendiente. La zona destinada al pastoreo de ganado estaba originalmente cubierta de bosque nativo denominado "bosque de niebla" que corresponde a la zona de vida bosque húmedo montano bajo (bh-MB) en la clasificación de L.R. Holdridge (1967). Actualmente los suelos presentan limitaciones de retención hídrica por las pendientes, el origen edáfico y la proporción de arenas. También son de alta acidez con bajos contenidos de fósforo y bases intercambiables, condiciones que son limitantes naturales para el crecimiento de los forrajes de buena calidad.

Cosecha de madera y producción del carbón

Las especies arbóreas que se manejan en el sistema silvopastoril son acacia japonesa (*Acacia melanoxylon*) en cercas vivas y eucaliptos (*Eucalyptus globulus*) de antiguas plantaciones forestales. Estos son manejados con podas y raleos para reducir el sombrío sobre las pasturas y favorecer la producción de madera. En estas prácticas se genera gran cantidad de leña que en este caso se transforma en carbón vegetal y en un subproducto de éste, el cisco. Este es producido a través de pirólisis lenta utilizando un horno metálico tipo TPI (FAO, 1983), con dimensiones de 3,5 m de diámetro y dos pisos de 1,20 m de altura cada uno, que son llenados de trozos de madera entre 40 y 60 cm de largo por 10 a 25 cm de diámetro, con 4 tubos para difusión del calor de manera regular. El proceso de pirólisis se demora entre 36 y 48 horas.

Semillas y materiales para sustratos

Los sustratos entre los que se compara el efecto de la adición del cisco y del cisco con humus de lombriz:

- Subsuelo arenoso sin presencia de materia orgánica y poca retención de agua.
- Suelo de potrero con textura franco-arenosa, pH de 5,3 (ácido) y presencia de aluminio, relación Ca/Mg (5,32) alta por los valores bajos del Mg, baja capacidad de intercambio catiónico Efectiva -CICE- (6,41 cmol/kg), y bajos niveles de fósforo (4,5 ppm).
- Suelo de bosque con alta acidez (pH <5,3).

Las adiciones a los sustratos:

- Cisco obtenido a partir de la elaboración de carbón vegetal de madera de *A. melanoxylon* y *E. globulus* a través del proceso de pirólisis de dos días en un horno TPI (PH=8,7).
- Humus de lombriz roja californiana obtenido con estiércol equino, con un pH de 7,6, una capacidad de intercambio catiónico (CIC) de 20,8 (me/100g), contenido de N (0,46%) y de P (0,36%).

Se empleó la prueba rápida de campo de crecimiento inicial de la planta de maíz que se ajusta a las evaluaciones de biocarbono (Rodríguez *et al* 2009) la cual consiste en la siembra de semillas de maíz de una variedad local conocida en macetas o bolsas sobre diferentes sustratos de suelos para medir la biomasa aérea y radicular en la primera etapa de crecimiento de la planta. El maíz es una planta indicadora de la oferta de nutrientes y agua del sustrato ya que después de germinada agota muy pronto las reservas de su semilla y depende de los minerales solubles y el agua para su etapa de vida.
Las plantas que se utilizan para determinar las diferencias de crecimiento entre sustratos y tratamientos:

- Semillas de maíz de la variedad local “porva”

Llenado de bolsas y siembra del maíz

Se utilizaron bolsas plásticas (almácigos) con capacidad de 1 kg donde fueron agregados los sustratos con sus diferentes mezclas (tratamientos). En cada bolsa se sembraron tres semillas de maíz porva y después de la germinación y emergencia de plántulas se dejó una por cada bolsa la cual objeto de mediciones.

Tratamientos (T), diseño experimental y análisis estadístico

Se evaluaron nueve tratamientos en un diseño de bloques completamente aleatorizado (dos bloques). A cada tratamiento se le asignaron ocho unidades experimentales (plantas). Los tratamientos fueron: **T1:** sustrato arenoso (SA), **T2:** SA + carbón vegetal (CV), **T3:** SA + CV + humus (H), **T4:** suelo de potrero (SP), **T5:** SP + CV, **T6:** SP + CV + H, **T7:** suelo de bosque (SB), **T8:** SB + CV, y **T9:** SB + CV + H. Las variables evaluadas fueron: altura de la planta (cm), biomasa aérea (g) y biomasa radicular (g) y se midieron al final del experimento que se desarrolló en un tiempo de 3 meses y 7 días. El modelo matemático es el siguiente:

$$Y_{ij} = u + T_i + B_j + e_{ij}$$

Y_{ij}= Variable aleatoria respuesta

u= media general
T_i= el efecto del *i-ésimo* tratamiento
B_j= el efecto del *j-ésimo* bloque
e_{ij}= error aleatorio. *idd N (0,1)* y σ^2

Para el análisis de información se utilizó el software R Project (R Core Team, 2020) donde se hizo un análisis de varianza (ANOVA). En caso de rechazo de la hipótesis nula en el ANOVA ($p<0.05$) se empleó la prueba de separación de medias de *Tukey*.

Resultados y discusión

En la Tabla 1 se presentan el resumen de los resultados obtenidos.

Tabla 1. Resultados de los diferentes sustratos y tratamientos sobre las variables evaluadas

Tratamiento	Biomasa aérea (g)		Biomasa radicular (g)		Altura (cm)	
	media	ee	media	ee	media	ee
T1: Sustrato arenoso (SA)	21,022809bcd	5,22287	7,667259ab	2,26118	28,72847bcd	2,93609
T2: SA + carbón vegetal (CV)	29,125abcd	10,3604	5,75b	2,10151	43,02071ab	4,28647
T3: SA + CV + humus (H)	75,5abcd	22,89376	13,723605ab	5,15433	38,44994abc	4,42297
T4: Suelo de potrero (SP)	16,666667cd	3,0102	4,573605b	1,85724	26,52823bcd	2,64981
T5: SP + CV	25,375bc	5,06575	4,75b	2,29738	30,125bc	1,12207
T6: SP + CV + H	53,844661ab	10,02406	11,810116ab	2,77055	40,87732abc	4,17597
T7: Suelo de bosque (SB)	7,043475d	1,03593	7,524402ab	2,0863	17,62500d	1,79386
T8: SB + CV	40,067528abc	9,71109	9,723605ab	2,22357	25,75cd	2,3206
T9: SB + CV + H	114,375a	22,74059	13,625a	2,63125	45,875a	3,84632

*Letras diferentes en la misma columna presenta diferencia significativa ($p<0.05$).
ee: error estándar

El peso promedio de la biomasa aérea del maíz presentó diferencia significativa en el T4 y T6, T7 y T8, T9 (Figura 1). El T9 presentó la mayor producción de biomasa (114,375 g), teniendo en cuenta que este probablemente tenía la mayor acidez. El carbón vegetal (pH=8) y el humus (pH=7,6) adicionados al sustrato actúan como neutralizadores, lo que coincide con diferentes estudios que refieren un efecto de encalamiento que aumenta la disponibilidad de los nutrientes para las plantas (Verheijen, 2010).

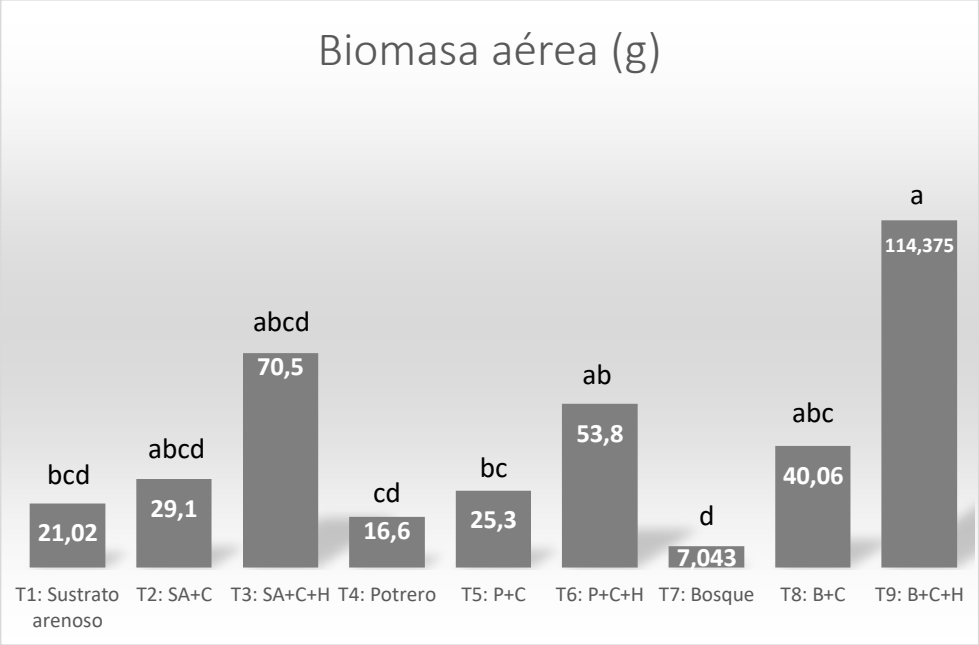


Figura 1. Diferencia en biomasa aérea tratamientos

Respecto a la altura de las plantas, se presentaron diferencias significativas principalmente en el T9, siendo este muy similar a los T2, T3 y T6 (Figura 2). Se presentó diferencia significativa en la biomasa radicular en el T9 respecto a los T2, T4 y T5 (Figura 3). En cuanto a los tratamientos con suelo de potrero (SP) (T4, T5 y T6), los de mayor interés en cuanto al efecto del carbón vegetal en el sistema silvopastoril, se presentó una diferencia significativa en el crecimiento del maíz al agregarse el carbón vegetal y humus de lombriz, obteniéndose un peso de la biomasa aérea tres veces mayor. Esto puede deberse probablemente a que el suelo de potrero presenta algún nivel de acidez, pero tiene menor riqueza de microrganismos que el sustrato del bosque y requiere la adición de materia orgánica para lograr el efecto del carbón sobre la fertilidad del suelo, especialmente en el corto plazo (Escalante *et al*. 2016; Verheijen, 2009).

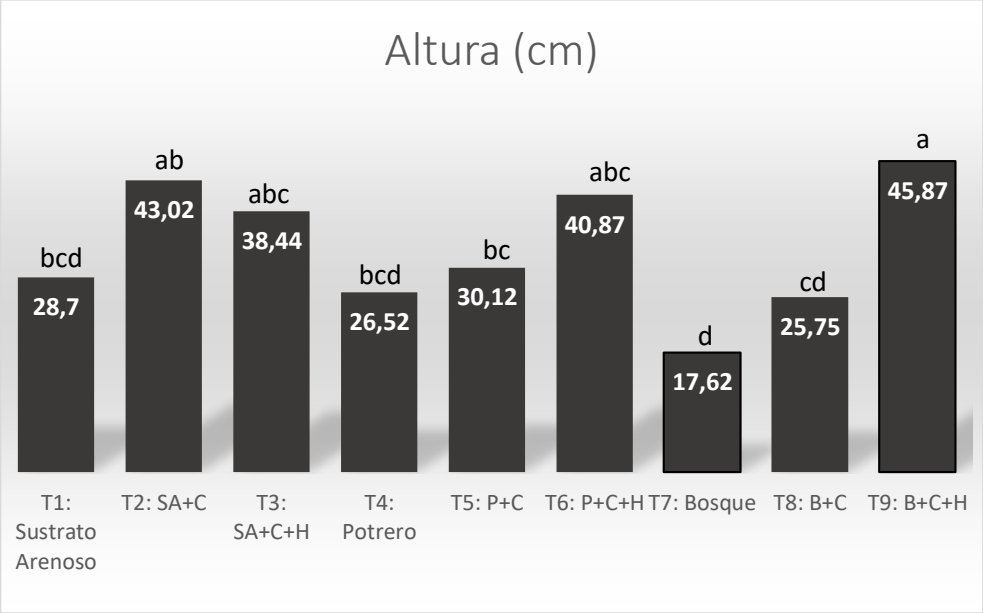


Figura 2. Diferencias de altura de la planta entre tratamientos

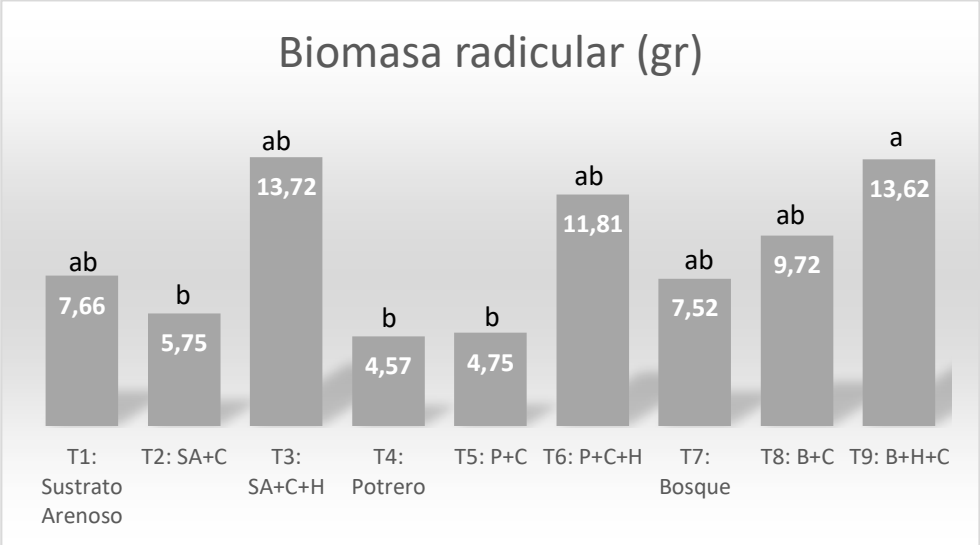


Figura 3. Diferencias en biomasa radicular*

Los resultados coinciden con otros estudios que afirman que el biocarbón actúa mejor en suelos ácidos (Preston, 2013; Rodríguez *et al*., 2009), que el grado de la respuesta parece depender de su efecto sobre el pH del sustrato, de la disponibilidad de nutrientes en los suelos (Verheijen, 2009) y que el biocarbón es un factor que refuerza la acción de biofertilizantes y microrganismos en el aumento de la fertilidad (Preston, 2013, Escalante *et al*., 2016;). A partir de este ensayo se deduce que, en los potreros del sistema silvopastoril, la adición de carbón debe ser dosificada y combinada con materia orgánica como compost o humus de lombriz.

Conclusiones

Se concluye que en suelos ácidos andinos de ladera destinados a sistemas silvopastoriles la fertilización con un compuesto orgánico adicionado con carbón vegetal (cisco) obtenido en un proceso de pirólisis lenta aumenta la cantidad de biomasa aérea, lo que puede influir directamente en la producción de forraje. El compuesto orgánico, en este caso humus de lombriz, potencializa el efecto del carbón vegetal. Se debe avanzar en tecnologías que aseguren que el carbón producido tiene las características como acondicionador de suelos, desarrollando métodos de producción de biocarbón que se puedan utilizar en sistemas silvopastoriles.

Bibliografía

Escalante Rebolledo, A., Pérez López, G., Hidalgo Moreno, C., López Collado, J., Campo Alves, J., Valtierra Pacheco, E., Etchevers Barra, J.D., 1997. Biocarbón (biochar) I: Naturaleza, historia, fabricación y uso en el suelo. Terra Latinoamericana, vol. 34, núm. 3, 2016, pp. 367-382 Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792016000300367&lng=es&tlng=es.

FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación, 1983. Métodos simples para fabricar carbón vegetal, 41 Cap 8. http://www.fao.org/docrep/X5328F/X5328F00.htm

Fiallos-Ortega, L. R., Flores-Mancheno, L. G., Duchi-Duchi, N., Flores-Mancheno, C. I., Baño-Ayala, D., & Estrada-Orozco, L., 2015. Restauración ecológica del suelo aplicando biochar (carbón vegetal), y su efecto en la producción de Medicago sativa. Ciencia y Agricultura, 12(2), 13-20.

Glaser, B., Haumaier, L., Guggenberger, G., Zech, W., 2001. The'Terra Preta'phenomenon: a model for sustainable agriculture in the humid tropics. Naturwissenschaften 88(1), 37-41.

Gryze, S.D., Wolf, A., Kaffka, S.R., Mitchell, J., Rolston, D.E., Temple, S.R., Six, J., 2010. Simulating greenhouse gas budgets of four California cropping systems under conventional and alternative management. Ecological applications 20(7), 1805-1819.

Hale, L., Crowleyauthor, D., 2015. Biochar characteristics relate to its utility as an alternative soil inoculum carrier to peat and vermiculite. agris.fao.org

Holdridge, L. R., 1967. Life zone ecology. San José, Costa Rica: Tropical Science Center. 206 p.

Lehmann, J. and Joseph, S., Eds., 2015. Biochar for Environmental Management: Science, Technology and Implementation. Routledge, New York, USA. http://www.biochar-international.org/projects/book

Lehmann J., Kern D.C., Glaser B., Woods W.I., (Eds.)., 2003. Amazonian Dark Earths: Origins, Properties, Management, Kluwer Academic Publishers.

Lorenz, K., Lal, R., 2014. Aplicación de biochar en el suelo para la mitigación del cambio climático mediante el secuestro de carbono orgánico del suelo. Diario de nutrición de plantas y ciencia del suelo 177 (5), 651-670.

Major, J., 2011. Biochar for soil quality improvement, climate change mitigation and more. A literature review.

Ochoa, D.E., Lopera, J.J., Márquez, S.M., Calle, Z., Giraldo, C., Chará, J., Murgueitio, E., 2016. Los sistemas silvopastoriles intensivos contribuyen a disminuir el ataque de chupadores en pasto kikuyu (Cenchrus clandestinus). Livestock Research for Rural Development.

Olarieta, J.R., Padrò, R., Masip, G., Rodríguez-Ochoa, R., Tello, E., 2011. 'Formiguers', a historical system of soil fertilization (and biochar production?). Agriculture, ecosystems & environment 140(1-2), 27-33.

Preston, T.R., 2013. El papel del biocarbono en la sostenibilidad y competitividad de sistemas agropecuarios. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias 26, 304-312

Red Española de Compostaje., 2014. Enmiendas orgánicas de nueva generación: biochar y otras biomoléculas III. 8 (Vol. 8). Ediciones Paraninfo, SA.

Rodríguez, L., Salazar, P., Preston, T.R., 2009. Efecto del biochar y el efluente del biodigestor sobre el crecimiento del maíz en suelos ácidos. Sistemas agrícolas integrados para alimentos y energía en un mundo que se calienta y consume recursos, 84.

Rodríguez L, Salazar P, Preston T R. Effect of biocarbono andcbiodigester efluent on growth of maize in acid soils. Livestock Research for Rural Development 2009; 21: Article #110. URL: http://www.lrrd.org/ lrrd21/7/rodr21110.htm

R Core Team., 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org/

Sangsuk, S., Buathong, C., & Suebsiri, S., 2020. High-energy conversion efficiency of drum kiln with heat distribution pipe for charcoal and biochar production. Energy for Sustainable Development, 59, 1-7.

Sangsuk, S., Suebsiri, S., & Puakhom, P., 2018. Themetal kiln with heat distribution pipes for high quality charcoal and wood vinegar production. Energy for Sustainable Development, 47,149–157.

Verheijen, F., Jeffery, S., Bastos, A. C., Van der Velde, M., & Diafas, I., 2010. Biochar application to soils. A critical scientific review of effects on soil properties, processes, and functions. EUR, 24099, 162.

Wang, H., Yi, H., Zhang, X., Su, W., Li, X., Zhang, Y., Gao, X., 2020. Biochar Mitigates Greenhouse Gas Emissions from an Acidic Tea Soil. Polish Journal of Environmental Studies 29(1), 323-330. https://doi.org/10.15244/pjoes/99837

Woolf, D., Amonette, J. E., Street-Perrott, F. A., Lehmann, J., & Joseph, S., 2010. Sustainable biochar to mitigate global climate change. Nature communications, 1(1), 1-9.

Evaluación del establecimiento de árboles y arbustos promisorios como alimento para ganado vacuno en sistemas Silvopastoriles en suelos ácidos de Pucallpa, Amazonía peruana

Evaluation of the establishment of promising trees and shrubs as feed for cattle in Silvopastoral systems in acidic soils of Pucallpa, Peruvian Amazon

J. Vela Alvarado[1]; Z. Clavo Peralta[2]; N. Panduro Tenazoa[3]; V. Fernández Delgado[1]; M. Alves Valles[2]; N. Ramírez Flores[4], R. Collahuacho Quichua[5]

[1] Docentes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali (UNU). jvelaunu@gmail.com
[2] Docentes Investigadores de la Universidad Nacional Mayor de Sam Marcos (UNMSM). Facultad de Medicina Veterinaria
[3] Docente de la Facultad de Ing. Agroforestal Acuícola de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía (UNIA).
[4] Investigador del Grupo de Investigación en Sistemas Silvopastoriles y Biodiversidad Amazónica "Grupo SISBA" de la UNU, Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA).
[5] Investigador del "Grupo SISBA" de la UNU, FCA.

Resumen

El objetivo de la investigación fue estudiar doce especies arbóreas nativas y exóticas para uso en sistemas silvopastoriles con ganado de doble propósito en suelos ácidos de Pucallpa, Amazonía peruana: Se establecieron en tres sitios: en los km 6, km 10 y km 86 de la Carretera Pucallpa, Tingo María. Se evaluó el manejo en vivero, el porcentaje de mortalidad a la siembra, el crecimiento y desarrollo y el contenido de proteína bruta y minerales. Nueve especies mostraron un amplio rango de adaptación: *Crescentia cujete (fg), Crescentia cujete (fp), Erythrina berteroana, Erythrina poeppigiana, Adenanthera pavonina, Gmelina arborea, Leucaena diversifolia, Guazuma ulmifolia (bn), Guazuma ulmifolia (g);* la arbustiva *Leucaena leucocephala* tuvo problemas de crecimiento en los tres sitios*, Tithonia diversifolia* solo prosperó en el sitio dos y *Moringa oleifera* no prosperó. *S*e concluye que las especies mostraron un amplio rango de adaptación a condiciones de suelos de fertilidad natural baja, además de tener buenas características agronómicas, alto contenido de proteína cruda y ricos en minerales.

Palabras claves: *Plantas forrajeras, adaptación, suelos ácidos, vacunos de doble propósito.*

Abstract

The objective of the research was to study twelve native and exotic tree species for use in silvopastoral systems with dual-purpose cattle in acid soils of Pucallpa, Peruvian Amazon: They were established in three sites: at km 6, km 10 and km 86 of the Pucallpa road, Tingo María. Nursery management, planting mortality percentage, growth and development, and crude protein and mineral content were evaluated. Nine species showed a wide range of adaptation: *Crescentia cujete* (fg), *Crescentia cujete* (fp), *Erythrina berteroana, Erythrina poeppigiana, Adenanthera pavonina, Gmelina arborea, Leucaena diversifolia, Guazuma ulmifolia* (bn), *Guazuma ulmifolia* (g); the shrubby *Leucaena leucocephala* had growth problems at all three sites, *Tithonia diversifolia* only thrived at site two, and *Moringa oleifera* did not thrive. It is concluded that the species showed a wide range of adaptation to soil conditions of low natural fertility, in addition to having good agronomic characteristics, high content of crude protein and rich in minerals.

Keywords: *Forage plants, adaptation, acid soils, dual-purpose cattle.*

Introducción

La inclusión de árboles en los sistemas agrícolas se debe a las virtudes y efectos que brindan dentro de ellos; sus frondosas copas influyen en la radiación solar, la precipitación y el movimiento del aire, mientras que sus extensos sistemas radiculares llenan grandes volúmenes del suelo, alterando la absorción de agua y de nutrientes; contribuyen a la redistribución de estos últimos con desechos de hojas, al igual que con el movimiento disturbador de las raíces y sus posibles asociaciones con hongos y bacterias (Prager *et al*., 2002). Para López *et al*., 2000; Cajas, 2011; Montagani *et al*., 2015, los sistemas agroforestales han sido clasificados de diferentes maneras, pero los principales criterios en los que coinciden la mayoría de autores están relacionados con aspectos estructurales, funcionales, socioeconómicos, agroecológicos y temporales.

La reconversión de pasturas en monocultivo a sistemas de pastos asociados con árboles de diferentes usos conocidos como sistemas silvopastoriles (SSP) es una necesidad urgente. El SSP implica la combinación eficiente y eficaz de componentes bióticos como: cultivos agrícolas, forestales, pecuarios, microorganismos del suelo y abióticos como: suelo, clima, con la finalidad de maximizar la producción y productividad respetando el ambiente y el principio de sustentabilidad, (Ríos J, 2017); los SSP disminuyen la presión por la tala del bosque para nuevas pasturas previniendo la deforestación, además de incrementar el número de árboles en los potreros, mejoran la productividad, la resiliencia y mitigación al cambio climático; mejoran y diversifican la

economía del productor y generan servicios ecosistémicos. La presencia de árboles o arbustos como forrajeras en los potreros van a jugar un papel importante y con mayor utilidad en las épocas de prolongada sequía; estas especies de árboles forrajeros contienen importantes cantidades de nutrientes principalmente proteínas y minerales, aunque en menor cantidad de energía que las pasturas de gramíneas forrajeras herbáceas; producen importantes cantidades de forraje para el ganado, toleran el pisoteo, lo que permitiría mejorar la producción de carne y leche en los sistemas ganaderos de leche. (Murgueitio *et al.,* 2016).

La inclusión de árboles y/o arbustos en las pasturas como forrajeras tienen muchas ventajas, debido a que el follaje de muchas especies de plantas puede ser cosechado directamente por el ganado para su alimentación. Otra virtud de estas plantas es que muchas de ellas como las leguminosas contienen un alto porcentaje de proteína necesaria para la producción de leche y carne, además tienen la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico lo que permitiría la retribución al suelo del nitrógeno extraído por el ganado; las raíces difusas ayudan a mantener la estructura, disminuye la compactación y la degradación del suelo, además de incrementar la macrofauna y microfauna en el suelo debido a las condiciones de humedad y el microclima que se genera en la parte baja de los árboles, sumado a que son más resistentes a la sequía conservando su verdor en épocas de sequía prolongada. (Gómez *et al*., 2002; Ramírez *et al*., 2007 y Vela, 2013).

Para la incorporación de especies forrajeras arbóreas y arbustivas a los SSP se deben considerar ciertos criterios como: la adaptación a las condiciones de clima y suelo de la región y de la finca, alta producción de forraje, alta palatabilidad, de mediana a alta calidad nutritiva, que tolere al pisoteo del ganado, buena capacidad de rebrote y rápido crecimiento. (Roncallo, 2013)

De acuerdo a las experiencias obtenidas por el Instituto Veterinario de Investigaciones de Trópico y Altura (IVITA) en un estudio desarrollado en Pucallpa, las especies arbustivas y árboles deben cumplir con características morfológicas, anatómicas y fisiológicas para que puedan ser integradas o ensambladas como parte de un sistema silvopastoril. La característica del tipo de raíz es fundamental para evitar la competencia por los nutrientes del suelo con las especies de pasturas herbáceas, las raíces deben ser del tipo pivotante y no fibrosa como las gramíneas; la forma de copa de los arboles deben ser alargadas, cónicas, con ramas poco densas y no copas redondas extensas muy coposas que ocupan mucho espacio y quitan luz a la pastura herbácea, deben de tener tallos con células de tejido colenquimático abundante que les dé elasticidad a las ramas y no se rompan fácilmente con el paso del ganado; las hojas deben tener de preferencia abundante parénquima y muy poca cutina serosa o con lignina, las que deben ser de preferencia de fácil desintegración

de las hojas para que los nutrientes se reincorporen al suelo y además ser especies fijadoras de nitrógeno (Riesco *et al*., 1995)

El Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA), el IVITA y la Universidad Nacional de Ucayali (UNU), en un estudio desarrollado con el objetivo de elevar la productividad de leche en un prototipo de SSP con la inclusión de árboles y arbustos forrajeros como *Cratylia angentea, Erythrina beteroana, Leucaena leucocephala y Crescentia cujete*; además de árboles maderables como *Simarouba amara* y *Dipteryx micrantha*; luego de dos años de evaluación, los autores han encontrado algunos problemas principalmente relacionados con una alta variabilidad en el crecimiento de las plantas, la presencia de plagas y enfermedades, problemas de adaptación al tipo de suelos ácidos muy común en la zona, y susceptibilidad al mal drenaje del suelo; los investigadores consideran que se debe buscar otras alternativas de especies de la flora que cuenten con estos atributos. (Vela *et al*., 2020)

El objetivo de la investigación fue estudiar 12 especies de la flora entre arbustivas y árboles nativos y exóticos para uso en SSP y conocer su rango de adaptación al suelo y clima, el manejo de semillas para la siembra, el crecimiento y desarrollo y el contenido de proteína total y minerales al establecimiento de estas especies.

Materiales y Métodos

Lugar experimental. El estudio se realizó en la región Ucayali, Pucallpa, Perú. se estableció en tres lugares con la finalidad de evaluar el efecto ambientalde factores como precipitación, temperatura, Humedad relativa, suelo, que son bien marcadas a medida que avanza la carretera Federico Basadre (CFB) de Pucallpa a Tingo María:

Sitio 1. Fundo ganadero de la UNU, ubicado en el km 6.5 de la CFB. Geográficamente el área está situada a 08º 23’ 39.6’’ de Latitud Sur y 74º 34’ 39.8’’ de Longitud Oeste a 154 m.s.n.m., en la Provincia de Coronel Portillo, distrito de Calleria.

Sitio 2. Fundo Ganadero del señor German Azipali, ubicado en el km 10 – Int. 5, margen derecha de la CFB. Geográficamente ubicado a 8° 21’ 39.34” de Latitud Sur y 74° 38’ 20.54” de Longitud Oeste, altitud 150 m.s.n.m. Distrito de Yarinacocha, provincia de Coronel Portillo.

Sitio 3. Estación Experimental IVITA, Pucallpa, km 59 de la CFB. Geográficamente ubicado a 74°34’49” deLongitud Oeste y 8°23’37,3” de Latitud Sur, a 154 m.s.n.m., Provincia de Coronel Portillo, Distrito de Campo Verde

Ecología y clima. Según el sistema Holdridge Ucayali se clasifica como bosque húmedo tropical; según la clasificación de los bosques amazónicos pertenece al ecosistema bosques tropicales semisiempre verde estacional, cuyas condiciones climáticas para la zona de Pucallpa son: Precipitación promedio anual 1773 mm, Temperatura máxima anual: 36.5°C, Temperatura media anual: 26.9°C y Temperatura mínima anual: 17.4°C.

Suelos. Previo al inicio de la aplicación de los tratamientos se realizó el análisis del suelo en los tres sitios experimentales, a dos profundidades de 0 – 20 y de 20 – 50. Los suelos en los tres sitios se caracterizan por presentar en la primera capa (0-20 cm) textura media a moderadamente fina (arcillosa a franco arcillosa) con alto porcentaje de arena; la segunda capa (20-50cm) textura media, con buenas proporciones de arenas y arcillas; solamente en el Sitio 2 presenta textura Arcillo Limoso. La densidad Aparente en los tres sitios en las dos profundidades es alta (1.40 a 1.60 g/cm^3), solamente en el sitio 2 es ligeramente superior al promedio (1.38 g/cm^3). De reacción extremadamente ácida en los sitios uno y tres (pH 4.21 – 4.41) y muy fuertemente ácida (pH 4.53 – 4.78) en el sitio dos; con alta saturación de Aluminio; baja capacidad de intercambio catiónico efectiva (4.40 a 14.84 meq/100 gr de suelo). En las dos profundidades, el contenido de la materia orgánica es de baja a media (1.21 a 2.34 %), de bajo a medio porcentaje de Nitrógeno (0.06 a 0.19%); el fósforo disponible es muy bajo en los tres sitios en las dos profundidades (1.5 – 4.6 ppm); Todas estas características encontradas en el suelo determinan una fertilidad natural baja. Tabla 1.

Tabla 1. Características físicas y químicas del suelo en los tres sitios donde se establecieron las especies de árboles y arbustos

Característica	Sitio 1		Sitio 2		Sitio 3	
	Prof. (cm) 0 -20	Prof. (cm) 20 - 50	Prof. (cm) 0 - 20	Prof. (cm) 20 - 50	Prof. (cm) 0 - 20	Prof. (cm) 20 - 50
Arcilla	33.6	48.6	29.76	43.76	35.76	75.76
Limo	38.0	30.0	42.56	40.56	38.56	20.56
Arena	28.4	21.4	27.65	15.69	25.68	3.68
Clase Textural	Franco Arcilloso	Arcilloso	Arcilloso	Arcillo Limoso	Franco Arcilloso	Arcilloso
Densidad Aparente (g/cm3)	1.40	1.41	1.38	1.52	1.47	1.60
pH	4.27	4.21	4.78	4.53	4.25	4.41
Saturación de Al respecto a CIC (%)	51.21	90.76	31.29	67.24	55.11	71.43
MO (%)	2.34	1.21	1.78	1.55	1.74	2.25
N (%)	0.19	0.06	0.08	0.07	0.08	0.10
P (ppm)	2.72	1.59	3.55	2.41	4.06	1.27
Al (Cmol(+)Lt.)	2.15	7.15	2.70	7.70	5.80	10.60
Ca(Cmol(+)Lt.)	1.44	0.32	5.23	3.55	4.51	4.03
Mg(Cmol(+)Lt.)	0.69	0.35	0.13	0.13	0.20	0.20
CIC (meq/100g)	4.40	7.99	7.99	11.40	10.53	14.84

Variables independientes

Se estudiaron 12 especies de árboles y arbustos nativos y exóticos, las que se muestran en la Tabla 2.

Variables dependientes

- Crecimiento de las especies; fecha de siembra, procedencia y el material a sembrarse, así como sus antecedentes, porcentaje de germinación y prendimiento.
- Caracterización biológica; crecimiento y desarrollo de las especies, contenido de proteína bruta y minerales
- Variables concomitantes: Textura de suelo, características físicas y químicas del suelo, precipitación, temperatura y humedad relativa

Siembra de los plantones en campo definitivo. El tamaño de las parcelas fueron 168 m^2, donde se sembraron 42 plantas a distanciamiento de 2m x 2m, a excepción de cinco plantas con distanciamiento de 4m x 4m para las evaluaciones de fenología de las especies de rápida floración; en las tres sitios se realizaron la mismas actividades; se hicieron hoyos de 0.4 x 0.4 x 0.4, se fertilizó con una pre mezcla de 800 g de gallinaza, 100 gramos de roca fosfórica y 100 gramos de dolomita por cada hoyo; se evaluaron seis plantas centrales por cada especie.

Análisis estadístico. Las especies se establecieron en campo utilizando el diseño de parcelas divididas, Las Parcelas Principales fueron 3: Sito 1, Sitio 2 y Sitio 3; y las Sub Parcelas fueron 12, siendo estas las 12 especies; para separar los promedios se utilizó la prueba de Tukey con α=0.05 de probabilidad.

Resultados y Discusión

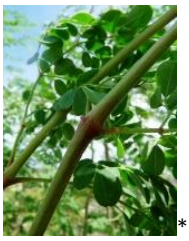
Caracterización taxonómica, procedencia y manejo de las especies en vivero de doce árboles y arbustos forrajeras para SSP. Pucallpa, Perú

Los resultados se presentan en la Tabla2

Tabla 2. Características de doce especies de árboles y arbustos forrajeros promisorios para SSP. Pucallpa, Perú.

Familia/ Nombre científico/ (1) Nombre común	Fotografía	Procedencia y manejo de semillas	Siembra en vivero: Manejo, germinación, repique y trasplante
Asteraceae/ *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray/ *Titonia, botón de oro*		Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Cali Colombia. Semilla Seca, se germinó en materas de plástico con arena lavada	Germinación: 10 a 20 días Repique: de 5 a 10 cm. Prendimiento en bolsa 100% A campo definitivo: en 2 meses Mortalidad en campo definitivo S1= 16% S2= 2.7% S3= 8.1%
Bignoniaceae/ *Crescentia cujete* L. / Huingo fruto grande		Alrededores de Pucallpa. Extracción de semillas de frutos maduros, lavado, secado, germinación en cama almaciguera	Germinación: 20 días; Viabilidad: 90 % Repique: 15 días, 10 -15 cm altura Prendimiento en bolsa 100% A campo definitivo en 2 meses Mortalidad en campo definitivo S1= 0 S2= 0 S3= 0
Bignoniaceae/ *Crescentia cujete* L. / Huingo fruto pequeño		Alrededores de Pucallpa. Extracción de semillas de frutos maduros, lavado, secado, siembra en cama almaciguera	Germinación: 20 días Viabilidad: 90 % Repique: 15 días, 15 cm altura Prendimiento en bolsa 100% A campo definitivo: en 2 meses Mortalidad en campo definitivo S1= 0 S2= 0 S3= 0
Fabacea/ *Erythrina berteroana* Urb./ *Amasisa, eritrina,*		Carretera Federico Basadre km 10, Pucallpa, se cosechó vainas secas, se germinó en materas con arena lavada,	Germinación: 8 - 12 días Viabilidad: 95 % Repique: 15 días, 5 a 10 cm altura Prendimiento en bolsa 100% A campo definitivo: en 3 meses Mortalidad en campo definitivo S1= 3% S2= 0 S3= 3%

Fabacea/ *Erythrina poeppigiana* (Walp.) OFCook / *Amasisa, eritrina*	 *	Carretera Federico Basadre km 60, distrito Neshuya, Pucallpa, se cosechó vainas secas, se germinó en materas con arena lavada,	Germinación: 8 - 12 días Viabilidad: 95 % Repique: 15 días, 5 a 10 cm altura Prendimiento en bolsa 100% A campo definitivo: en 3 meses Mortalidad en campo definitivo S1= 0 S2= 0 S3= 8%
Fabácea/ *Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit. *Leucaena*		Semilla proporcionada por CIAT, Palmira, Cali, Colombia. Germinadas en materas con arena lavada	Germinación: de 3 – 10 días Viabilidad: 95 % Repique: 5 a 10 cm altura Prendimiento en bolsa 100% Mortalidad en campo definitivo S1= 0 S2= 0 S3= 5.4%
Fabaceae/ *Leucaena diversifolia* (Schltdl.) Benth. / Leucaena roja		Semilla proporcionada por CIAT, Palmira, Cali, Colombia; Germinadas en materas con arena lavada	Germinación: de 3 – 10 días Viabilidad: 95 % Repique: 5 a 10 cm altura Prendimiento en bolsa 100% Mortalidad en campo definitivo S1= 0 S2= 0 S3= 0
Fabaceae/ *Adenanthera pavonina* L./ Huayrurillo	 *	Isla de Java, Indonesia De frutos maduros se extrajo las semillas, se lavó y germinó en cama almaciguera.	Germinación: 15- 20 días Repique: plántulas de 5 cm, 100 % de prendimiento en bolsa Mortalidad en campo definitivo S1= 0 S2= 0 S3= 3%
Lamiaceae/ *Gmelina arbórea* Roxb. / *Melina*	 *	Distrito Yarinacocha, Pucallpa; la semilla se extrajo de frutos maduros, se lavó y se sembró directamente en la bolsa almaciguera	Germinación: 20 días. Viabilidad: 80%. Repique con plántulas de 5 cm.100 % de prendimiento Mortalidad en campo definitivo S1= 16% S2= 3% S3= 8%

Malvaceae/ *Guazuma ulmifolia* Lam. / *Bolaina negra*		Yarinacocha, Pucallpa. De frutos maduros se extrajo las semillas, se lavó y se puso a germinar en materas con arena lavada	Germinación: 10 días. Repique: plántulas de 5 cm. Prendimiento en bolsa 100% A campo definitivo: en 3 meses Mortalidad en campo definitivo S1= 0 S2= 3% S3= 0%
Malvaceae/ *Guazuma ulmifolia* Lam. /*Guácimo*		Zoológico de Cali, Colombia. De frutos maduros se extrajo las semillas, se lavó y se germinó en materas con arena lavada.	Germinación: 10 días. Repique: plántulas de 5 cm. Prendimiento en bolsa 100% A campo definitivo: en 3 meses Mortalidad en campo definitivo S1= 3% S2= 0 S3= 22%
Moringaceae/ *Moringa oleífera* Lam. / *Moringa*	*	EE INIA, Tarapoto, Perú De frutos maduros se extrajo las semillas, se lavó y se germinó en cama almaciguera.	Germinación: 5 a10 días. Repique: Plántulas de 5 cm. Prendimiento en bolsa 100% A campo definitivo: en 3 meses Mortalidad en campo definitivo S1= 76% S2= 40% 3=100%

(1) WFO (2021): Verificación de nombres científicos válidos. Publicado en Internet; ' http://www.worldfloraonline.org/taxon/wfo-0000711645. Consultado en: 03 Oct 2021.

- Tropicos. Org. Jardín Botánico de Missouri. 2021. Fotos de especies: https://tropicos.org consultado 03 de octubre del 2021

Crecimiento y desarrollo de doce especies de árboles y arbustos forrajeros promisorios para sistemas silvopastoriles, Pucallpa.

Las variables de crecimiento y desarrollo de las doce especies se presentan en la Tabla 3. Nueve especies no presentaron diferencias significativas entre los tres sitios estudiados, mostrando una alta adaptación al rango de variables ambientales sometidas, estas fueron: *Crescentia cujete (fg), Crescentia cujete (fp), Erythrina berteroana, Erythrina poeppigiana, Adenanthera pavonina, Gmelina arbórea, Leucaena diversifolia, Guazuma ulmifolia (bn), Guazuma ulmifolia (g).* Una especie *Leucaena leucocephala* tuvo problemas de desarrollo en los tres sitios comportándose mejor en el sitio dos, aunque a los seis meses mostró tallos muy delgados; *Tithonia diversifolia* creció y se desarrolló sólo en el sitio 2; *Moringa oleifera* murió a los seis meses en los tres sitios. Las doce especies estudiadas presentaron diferencias significativas, Tukey (P≤0.05) en todas las variables evaluadas; las especies *Crescentia cujete*

(fp), Erythrina berteroana, Gmelina arborea y Leucaena diversifolia, alcanzaron mayor altura a los seis meses de sembrado (97.33 – 128.28 cm); las especies que alcanzaron mayor diámetro de tallo fueron *Erythrina berteroana* y *Tithonia diversifolia* (4.13 y 3.15 cm); las especies *Guazuma ulmifolia (bn)* y *Guazuma ulmifolia* tuvieron mayor número de ramas (12.06 y 14.33) y tres especies *Erythrina berteroana, Leucaena diversifolia*, y *Tithonia diversifolia* tuvieron el mayor ancho de copa (55.04 – 71.92 cm); la especie que presentó mayor relación tallo/hoja fue *Adenanthera pavonina* (74 %).

Los resultados encontrados nos muestra una gran variabilidad en la adaptación de las doce especies estudiadas, sin embargo de las doce especies nueve destacaron bajo las condiciones de suelos de alta densidad aparente, con pH extremadamente ácido a muy fuertemente ácido, bajo contenido de MO, bajo contenido de fósforo y alta saturación de aluminio; lo que clasifica a estos suelos de fertilidad baja; algo importante que se observa es que si se mejoran ligeramente las condiciones del suelo, casi todas las especies crecen y se desarrollan bien, este es el caso del sitio dos donde se encontró que la densidad aparente fue ligeramente superior al promedio y la textura a la profundidad de 20 a 50 centímetros fue arcillo limoso; sumado a este que en este sitio las condiciones de drenaje fue mejor que en los sitios uno y tres. , Padilla *et al*., 2017; Alvarado *et al*., 2018; Palma y Gonzales, 2018; Quintanilla *et al*., 2018; Navas, 2019; Soares *et al*., 2019; Velázquez *et al*., 2019)

Tabla 3. Variables de crecimiento y desarrollo de doces especies de árboles y arbustos forrajeros a seis meses de sembradas. Pucallpa, Perú.

Especies arbóreas	Altura de planta (cm)	Diámetro de tallo (cm)	Numero de ramas (cm)	Ancho de copa (cm	Peso seco hojas (g)	Peso seco tallos (g)	Relación Tallo/hoja (%)
Crescentia cujete (fg)	77.83 b	2.57 c	3.67 c	31.89 c	11.42 b	80.07 c	14.3 c
Crescentia cujete (fp)	97.33 ab	2.16 c	2.17 c	27.06 d	5.08 c	56.80 d	9.0 d
Erythrina berteroana	106.5 a	4.13 a	2.39 c	62.21 a	33.84 a	289.8 a	12.0 c
Erythrina poeppigiana	57.33 c	2.97cb	0.50 c	46.53 c	10.95b	30.71 d	36.0 b
Adenanthera pavonina	29.00 d	0.54 e	1.00c	21.22 d	4.11c	5.52 e	74.0 a
Gmelina arborea	99.97 a	2.33 b	8.0b	71.82 c	31.87a	194.2b	16.0c
Leucaena diversifolia	128.28 a	1.41 d	6.51 b	55.04 ab	14.33 b	59.75 d	24.0 b
Guazuma ulmifolia (bn)	85.78 b	1.66 d	12.06 a	27.15 d	19.69b	87.50 c	23.0 b
Guazuma ulmifolia (g)	86.11 b	1.66 d	14.33 a	56.03 b	15.84b	72.55 c	22.0 b
Leucaena leucocephala	95.61 a	0.96 e	2.44 c	35.30 d	2.03 d	33.58 d	6.0 d
Tithonia diversifolia	73.17 b	3.15 a	7.33 b	71.92 a	32.43a	98.70 c	33.0 b
Moringa oleifera	0	0	0	0	0	0	0

Letras iguales en la misma columna no presentan diferencias significativas (Tukey P≤0.05)
(fp)= huingo de fruto grande; (fp)= huingo de fruto pequeño; (bn)= bolaina ngra; (g)= guácimo.

Contenido de Proteína Cruda y Minerales de diferentes especies forrajeras arbustivas.

En general todas las especies estudiadas presentaron un alto contenido de proteína cruda variando desde 16.88 % hasta 26.7 %, *Leucaena diversifolia,* presentó el mayor contenido de proteína significativamente superior a todas las demás especies 26.07 %, Tukey (P ≤ 0.05); en segundo lugar existen varias especies como *Guazuma ulmifolia (bn)*, *Erythrina berterona*, *Erythrina poepigiana*, *Leucaena leucocephala*, *Tithonia diversifolia*, cuyo contenido de proteína varían de 20.38 % hasta 23.44 %; si bien es cierto que los valores presentan diferencias significativas, diferentes estudios indican que la mayoría de las especies utilizadas para alimentación de ganado fluctúan entre estos valores. Tabla 4

Todas las especies presentan alto contenido de minerales, principalmente *Guazuma ulmifolia (bn)* cuyo nivel de Ca es el más alto 1.90 %, así como el contenido de los demás minerales P, 0.29 %; Mg, 0.52 % y K 1.38 %. Es importante resaltar que todas las especies presentan un alto contenido de Ca, en casi todas ls especies es el doble de fosforo; la relación Ca – P es importante para la absorción de ambos minerales principalmente para vacas lecheras en producción. (Manrrique *et al*., 2011; Muñoz *et al*., 2012; González, 2013; Alvear *et al*., 2013; Machado *et al*., 2014, Ruiz *et al*., 2016, Sotelo *et al*., 2016, Sosa *et al*., 2017, Padilla *et al*., 2017; Alvarado *et al*., 2018; Palma y González, 2018; Quintanilla *et al*., 2018; Navas, 2019; Soares *et al*., 2019; Velázquez *et al*., 2019). Estos resultados nos estarían indicando un rango importante de especies para los sistemas silvopastoriles en condiciones de Amazonía. Tabla4.

Tabla 4. Contenido de Proteina cruda y Minerales de doce especies árboles y arbustos forrajeras para SSP. Pucallpa, Perú.

Nombre científico	Proteina Cruda (%)	Ca (%)	Mg (%)	P (%)	K (%)
Leucaena diversifolia	*26.07 a*	0.90 **b**	0.17 **b**	0.25 **b**	1.26 **a**
Guazuma ulmifolia (bn)	**22.57 b**	1.90 **a**	0.52 **a**	0.29 **b**	1.38 **a**
Erythrina poeppigiana	*22.56 b*	0.55 **b**	0.15 **b**	0.26 **b**	1.17 **a**
Erythrina berteroana	*22.35 b*	0.68 **b**	0.27 **ab**	0.26 **b**	1.17 **a**
Guazuma ulmifolia (g)	*20.38 b*	1.19 **ab**	0.28 **ab**	0.28 **b**	1.52 **a**
Leucaena leucocephala	*21.6 b9*	1.02 **b**	0.33 **ab**	0.23 **b**	1.28 **a**
Tithonia diversifolia	*21.69 b*	1.11 **b**	0.29 **ab**	0.32 **b**	1.88 **a**
Adenanthera pavonina	*19.28 b*	1.11 **b**	0.33 **ab**	0.52 **a**	1.31 **a**
Crescentia cujete (fp)	*18.19 c*	0.81 **b**	0.20 **b**	0.31 **b**	1.56 **a**
Gmelina arbórea	*16.88c*	0.87 **b**	0.17 **b**	0.30 **b**	1.24 **a**
Crescentia cujete (fg)	*16.00c*	0.85 **b**	0.17 **b**	0.32 **b**	1.62 **a**
R2	97.97	87.02	77.35	88.29	34.47
CV	2.98	18.54	31.14	12.75	21.87
S	0.10	0.18	0.08	0.04	0.29

Letras iguales en la misma columna no presentan diferencias significativas. Tukey (P≤0.05)

Conclusiones

Las doce especies presentan un amplio rango de adaptación a condiciones de suelos de fertilidad natural baja, además de tener buenas características agronómicas, alto contenido de proteína cruda y ricos en minerales. Estos resultados alentarán a los investigadores a solucionar el problema de la baja productividad del ganado de doble propósito, debido a que la mayoría de los pequeños productores de leche no dan alimento balanceado al ganado, la alimentación con estas especies cubriría la deficiencia de proteína cruda, además se cubriría el déficit de minerales ya que la mayoría no proporciona sales minerales al ganado; por otro lado en la Amazonía existe una alta biodiversidad de flora nativa y de seguir la investigaciones se podría contar con una gran cantidad de especies para ser utilizados en los sistemas de producción animal. *Leucaena diversifolia* y *Guazuma ulmifolia (bn)* son especies que tienen un buen potencial para su inclusión en los sitemas silvopastoriles. En fundos con mejores características de suelos a los ya mencionados y suelos con buen drenaje*Tithonia diversifolia* es una excelente especie para el uso en los sistemas de producción. Bajo estas consideraciones se recomienda el uso de estas especies para su establecimiento en sistemas silvopastoriles como alimento para ganado, sombra, u otros múltiples usos que tienen estas especies.

Bibliografía

Alvarado E., Joaquín S., Estrada B., Martínez J., Hernández J. 2018. *Moringa oleifera* Lam.: una alternativa forrajera en la producción pecuaria en méxico. Revista Agroproductividad: Vol. 11, Núm. 2. pp: 106-110.

Alvear C., Melo W., Apráez J., Gálvez A., Insuasty E. 2013. Especies arbóreas y arbustivas con potencial silvopastoril en la zona de bosque muy seco tropical del Norte de Nariño y Sur del Cauca. Agroforestería Neotropical N°13, Pgs. 37-46.

Cajas, Y.S.; Barragan, W.A.; Abuabara, Y.; Amézquita, E.; Panza, B.; Soto, R.; Galvis,J.; Hurtado, M.; Lascano, CE. 2011. Manual de buenas prácticas para el manejo de suelos y praderas en la Región caribe. CORPOICA. Colombia. 48 p.

Gómez M.E.; Rodríguez, L.; Murgueitio, E.; Ríos C.I.; Méndez, M.R.; Molina, C.H.; Molina, C.; Molina, E.; Molina J.P. 2002. Árboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente proteica. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. CIPAV. Tercera Edición. Valle, Cali, Colombia.

González, J. M. 2013. Costos y beneficios de un sistema silvopastoril intensivo (SSPi), con base en *Leucaena leucocephala* (Estudio de caso en el municipio de Epalcatepec, Michoacán, México). Avances en Investigación Agropecuaria, vol. 17,núm. 3, pp. 35-50 Universidad de Colima Colima, México.

López, Yamel. 2000. Relaciones hídricas en el continuo agua-suelo-planta-atmósfera. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira. Colombia. 88 p

Machado, R. *et al*. 2014. Leucaena (*Leucaena leucocephala* Lam de Wit). Pastos y rrajes, [S.l.], v. 1, n. 3, ISSN 2078-8452.

Manríque L., López S., Pérez P., Ortega E., López Z., Villarruel M. 2011. Agronomic and forage characteristics of *Guazuma ulmifolia* LAM. Universidad Autónoma de Yucatán Mérida, Yucatán, México. Tropical and Subtropical Agroecosystems, vol. 14,núm. 2, pp. 453-463.

Montagnini, F.; Somarriba, E.; Murgueitio, E.; Fassola, H.; Eibl, B. 2015. Sistemas Agroforestales. Funciones Productivas, Socioeconómicas y Ambientales. Serie Técnica. Informe Técnico 402. CATIE; Turrialba, Costa Rica. Editorial CIPAV, Cali, Colombia. 454 p

Muñoz B., Sánchez J., Montejo L., Herrera P., Gamboa A. 2012. Guía técnica para la reproducción de especies arbóreas pioneras. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Instituto de Ecología y Sistemática. Carretera de Varona, Km 3½, Capdevila, Boyeros, La Habana, Cuba. http://repositorio.geotech.cu/jspui/handle/1234/3898

Murgueitio E., Uribe F., Molina C., Molina E., Galindo W., Chará J., Flores M., GiraldoC., Cuartas C., Naranjo J., Solarte L., González J. 2016. Establecimiento y manejo desistemas silvopastoriles intensivos con leucaena. Editorial CIPAV. Cali, Colombia. 220p

Navas Panadero, A. 2019. Bancos forrajeros de Moringa oleífera, en condiciones debosque húmedo Tropical. Ciencia & Tecnología Agropecuaria 20(2), 1-12. https://doi.org/10.21930/rcta.vol20_num2_art:1457

Padilla C., Valenciaga N., Crespo G., González D y Rodríguez I. 2017: Requerimientos agronómicos de *Moringa oleifera* (Lam.) en sistemas ganaderos. *Livestock Research for Rural Development. Volume 29, Article #218.* Retrieved June 26, 2020, from http://www.lrrd.org/lrrd29/11/idal29218.html

Palma y Gonzales. 2018. Recursos arbóreos y arbustivos tropicales para una ganadería bovina sustentable. *Leucaena diversifolia* (Schltdl.) Benth 2018. Editores. Universidad de Colima. México

Prager, M; Restrepo, J.; Angel, D.; Malagón, R.; Zamorano, A. 2002. Agroecología. una disciplina para el estudio y desarrollo de sistemas sostenibles de producción agropecuaria. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira. Colombia. 333 p.

Quintanilla J., Joaquín S., Martínez J., Limas A., López D., Estrada B., Hernández J.2018. Usos de moringa oleifera Lam. (Moringaceae) en la alimentación de rumiantes. Agroproductividad: Vol. 11, Núm. 2, pp: 89-93.

Ramírez. A.; Ku, J.C.; Alayón J.A. 2007. Follaje de árboles y arbustos en los sistemas de producción bovina de doble propósito. XX Reunión ALPA, XXX Reunión APPA- Cusco-Perú. Archivo Latinoamericano Producción Animal. Vol. 15 (Supl. 1) 2007•251

Riesco, A. y Ara, M. 1995.Perspectivas de la integración de sistemas agro silvopastoriles. CODESU. Pucallpa, Perú.

Ríos J. 2017. Sistemas silvopastoriles. Investigación e Innovación. El caso de Tingo María, Perú. Conferencia. I curso internacional: Ganadería y agrosistemas tropicalessostenibles para enfrentar el cambio climático: Sistemas Silvopastoriles.

Roncallo, B. 2013. Árboles y arbustos forrajeros alimento para bovinos en regiones tropicales secas. CORPOICA. C.I. Motilonia, Colombia.

Ruiz T., Alonso J., Febles G., Galindo J., Savón L. and Chongo B. 2016. *Tithonia diversifolia*: I. Estudio integral de diferentes materiales para conocer su potencial deproducción de biomasa y calidad nutritiva. Avances en Investigación Agropecuaria (Vol. 20, Issue 3). Universidad de Colima, Centro Universitario de Investigaciones Sociales.

Soares T., Borges T., Fagundes M., Silva L., Pires M. 2019. Morfologia de frutos, sementes e plântulas, e aspectos de germinação de *Adenanthera pavonina* L. (Leguminosae). VÉRTICES, Campos dos Goytacazes/RJ, v.21, n.2, p. 233-248. e-ISSN 1809-2667. DOI: 10.19180/1809-2667.

Sosa A., Ledea J., Estrada W., Molinet D. 2017. Efecto de la distancia de siembra envariables morfoagronómicas de moringa (*Moringa oleifera*). Agron. Mesoam. 28(1):207-211. ISSN 2215-3608. doi:10.15517/am. v28i1.21430.

Sotelo A., Contreras C., Norabuena E., Castañeda R., van Heurck M., & Bullón L. 2016. Digestibility and digestible energy of five tropical forage tree legumes. *Revistade la Sociedad Química del Perú*, *82*(3), 306-314.

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2016000300006&lng=es&tlng=en

Trópicos. Org. Jardín Botánico de Missouri. 2021. Fotos de especies: https://tropicos.org consultado 03 de octubre del 2021

Vela, J. 2013. Los sistemas silvopastoriles, perspectiva regional en la Amazonía peruana departamento de Ucayali. Informe de consultoría. ICRAF. Pucallpa, Perú.

Vela, J., Caruzo E., Clavo P. 2020. Desarrollo de tecnología silvopastoril para mitigarcambio climático y mejorar la competitividad en la producción de leche en el ámbito de la carretera Federico Basadre, Informe Final, PROYECTO 017_PI, PNIA, Pucallpa, Perú.

Velásquez F., Montoya F., Jiménez A., Murillo W. & Méndez., J. J. (2019). Género Erythrina: Actualidad en la investigación y perspectivas de desarrollo científico. Grupo de Investigación en Productos Naturales –GIPRONUT. Facultad de Ciencias Básicas. Universidad del Tolima. Ibagué: Sello Editorial Universidad del Tolima. http://repository.ut.edu.co/handle/001/2878 GILBERT,

WFO (2021): Verificación de nombres científicos válidos. Publicado en Internet; ' http://www.worldfloraonline.org/taxon/wfo-0000711645. Consultado en: 03 Oct 2021.

Sistemas silvopastoriles y conectividad ecológica en un paisaje ganadero de la región del Magdalena Medio, Colombia

Silvopastoral systems and ecological connectivity in a grazing landscape of the Magdalena Medio region, Colombia

Mauricio Carvajal; Juan Diego Vanegas; Javier Luna; Fabián Luna; Enrique Murgueitio; Zoraida Calle

CIPAV, Carrera 25 # 6-62, Cali, Colombia

Resumen

Este artículo resume un trabajo colaborativo de seis años durante el cual CIPAV y los ganaderos de la localidad de Riberas del San Juan (Cimitarra, Santander), diseñaron e implementaron sistemas silvopastoriles y agroforestales con el objetivo de mejorar la productividad de la ganadería y generar condiciones adecuadas para la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. Este proceso se enmarcó en el Proyecto Vida Silvestre (PVS), una iniciativa para la conservación de cinco especies en peligro de extinción en el Magdalena Medio. En el paisaje deforestado de Riberas del San Juan, las prácticas ganaderas habían generado una fuerte degradación de los suelos, los fragmentos de bosque estaban destinados a convertirse en nuevos potreros y los ganaderos tenían una visión negativa de los árboles y los bosques. El componente del PVS coordinado por CIPAV debía enfocarse en la conservación del carreto colorado (*Aspidosperma polyneuron)* y otros árboles en peligro de extinción local. Sin embargo, las condiciones del terreno y de la comunidad de Riberas del San Juan no eran adecuadas para iniciar el trabajo con acciones directas de conservación y restauración ecológica. Antes de eso, era necesario atender la prioridad de los ganaderos, es decir, el mejoramiento de su sistema productivo. Se describe el proceso de diálogo y capacitación que condujo a la adopción de las primeras prácticas silvopastoriles en la zona y al co-diseño de sistemas agroforestales que contribuyen simultáneamente a la soberanía alimentaria, la eficiencia productiva y la conectividad ecológica en el paisaje fragmentado. Con el tiempo, la planificación de las fincas, la subdivisión de los potreros, la integración de árboles de sombrío y la producción de forrajes de calidad, contribuyeron a mejorar la eficiencia productiva de los predios e hicieron posible la liberación de algunas áreas estratégicas para la restauración de corredores ribereños y la rehabilitación ecológica con sistemas agroforestales. La barrera cultural de los ganaderos hacia los árboles se superó en la medida en que ellos comprendieron los beneficios productivos y ambientales de las plantas leñosas. Las acciones encaminadas a fortalecer

la resiliencia y productividad de la ganadería sensibilizaron a la comunidad para planificar nuevas acciones de restauración ecológica y conservación de las especies focales del PVS y la biodiversidad de su territorio.

Palabras clave: *Biodiversidad, especies paisaje, ganadería sostenible, restauración de bosques y paisajes, restauración ecológica.*

Abstract

We summarize a six-year collaborative work in which CIPAV and ranchers of Riberas del San Juan (Cimitarra, Santander), designed and implemented silvopastoral and agroforestry systems aimed at enhancing farm productivity, biodiversity conservation and ecosystem services. This process was part of Proyecto Vida Silvestre (PVS), an initiative that promoted the conservation of five endangered species in the Magdalena Medio region. Livestock practices had generated severe soil degradation in the deforested landscape of Riberas del San Juan, forest fragments were destined to become new pastures, and ranchers had a negative view of trees and forests. The component of the PVS coordinated by CIPAV had been planned to focus on the conservation of *Aspidosperma polyneuron* and other endangered trees. However, given the challenging conditions of the farms and the rural community of Riberas del San Juan, it was not reasonable to start this collaboration with conservation and ecological restoration actions. Instead, we focused on the ranchers' top priority, that is, the improvement of their farming system. We describe the continued dialogue and training that led to the adoption of the first silvopastoral practices in the area and to the co-design of agroforestry systems that simultaneously contribute to food sovereignty, productive efficiency and ecological connectivity in the fragmented landscape. With time, farm planning, paddock subdivision, the integration of shade trees and the production of quality forages, enhanced farm efficiency allowing ranchers to release strategic land for restoration of riparian buffers and ecological rehabilitation with agroforestry systems. The cultural barrier against trees was overcome as farmers understood the productive and environmental benefits of woody plants. The actions aimed at strengthening the resilience and productivity of cattle production motivated the community to plan activities that contribute to the ecological restoration and conservation of the focal species and biodiversity of this landscape.

Key words: *biodiversity, ecological restoration, forest & landscape restoration, sustainable cattle ranching.*

Introducción

El valle interandino del Magdalena Medio, situado entre las cordilleras Central y Oriental de Colombia, conservó una cobertura de bosque húmedo tropical hasta la década de 1930, cuando la exploración petrolera y la construcción del ferrocarril aceleraron la transformación del territorio a través de la colonización, la extracción maderera, la pesca y la ganadería. Durante casi un siglo, los fracasos de la agricultura fueron conduciendo a los colonos y campesinos hacia la ganadería extensiva. Esta región ha sido golpeada por la ausencia del Estado, lo cual se refleja en bajos índices de escolaridad y cobertura de los servicios de salud, vías deficientes y control del territorio por grupos ilegales (Molano, 2009).

El trabajo que se describe a continuación se llevó a cabo en la vereda Riberas del San Juan del municipio de Cimitarra, Santander (Figura 1), una localidad con temperaturas entre 23 y 33°C y una precipitación anual de 2500 a 3000 mm. Las lluvias tienen una distribución bimodal, con valores máximos de abril a junio y de septiembre a noviembre. Esta área se clasifica como Bosque muy húmedo en el sistema de zonas de vida de Holdridge (Galvis-Aponte y Quintero-Fragozo, 2016). Las fincas ganaderas de la vereda se encuentran entre 107 y 133 m de altitud y tienen suelos franco-arcillosos y ácidos, con pH entre 4.33 a 4.45. Los suelos son de mediana a baja fertilidad, con una capa orgánica superficial incluso en los bosques, donde el perfil pedregoso aflora a pocos centímetros de la superficie.

En el paisaje de terrazas aluviales del río Magdalena, las zonas planas, plano-cóncavas y plano-inclinadas alternan con colinas bajas, redondeadas y de pendientes suaves. En la localidad de estudio existe un importante sistema de humedales y ciénagas como La San Juana y La Colorada, conectadas a través el Río San Juan, que recibe las aguas desde diversos caños y quebradas luego de atravesar extensos terrenos deforestados.

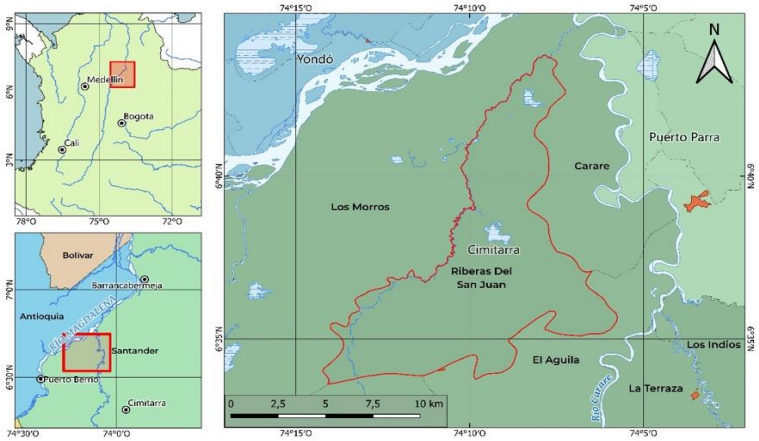


Figura 1. Zona de estudio (Vereda Riberas del San Juan, Cimitarra, Santander).

Las tierras de pastoreo muestran diferentes tipos de procesos erosivos, desde la erosión laminar generalizada hasta las cárcavas. Los suelos son ácidos, con altos niveles de aluminio y escasos nutrientes, como resultado de la geología, la precipitación y las altas temperaturas. Su escasa fertilidad natural es exacerbada por la deforestación, la quema y el uso excesivo de agroquímicos. Los altos costos del encalado y la fertilización química han limitado el avance de la agricultura de monocultivo en Riberas del San Juan.

La rápida expansión de la ganadería en este paisaje de vocación forestal ha acelerado la degradación de los suelos. Por otra parte, la expansión de los sistemas ganaderos, la extracción de los árboles de maderas finas y el uso de los bosques como sitios de descanso del ganado han causado una fragmentación y un deterioro cada vez mayores de los bosques (Marín-Valencia *et al*., 2018). La quema de los bosques maduros y jóvenes para establecer nuevos potreros ha generado impactos fuertes sobre los fragmentos de bosque y su biodiversidad (Benítez *et al*., 2011).

Entre 2014 y 2021, el Proyecto Vida Silvestre (PVS, financiado por Ecopetrol, la Fundación Julio Mario Santo Domingo y el Fondo Acción, y administrado por WCS), llevó a cabo una serie de acciones de conservación de *especies paisaje* o focales en la región del Magdalena Medio, en alianza con varias organizaciones locales y nacionales, entre ellas CIPAV. Los acuerdos de conservación en el paisaje fueron complementados con acciones de restauración ecológica y la promoción de alternativas productivas sostenibles, basadas en un análisis cuidadoso del territorio. Las cinco especies focales del PVS han sido afectadas por el avance desordenado de la ganadería. Por una parte, la vulnerabilidad de las tres especies terrestres (el paujil de copete azul *Crax alberti*, el mono choibo *Ateles hybridus* y el carreto colorado *Aspidosperma polineuron*) se asocia a la deforestación y la fragmentación de los bosques. Por otro lado, el descenso poblacional de las dos especies acuáticas (el manatí *Trichechus manatus* y el bagre rayado *Pseudoplatystoma magdaleniatum*) está ligado a la sedimentación y turbidez del agua como resultado de la erosión.

Las actividades de CIPAV en el PVS buscaron promover un cambio cultural en los productores y una ganadería más amigable para la biodiversidad y las especies focales del proyecto. Se incentivó la adopción de prácticas orientadas a transformar los monocultivos de gramíneas, dependientes de insumos sintéticos, en sistemas ganaderos con árboles, cuyo funcionamiento se basa más en los procesos biológicos (Chará *et al*, 2020). La principal barrera para iniciar el cambio fue la visión muy arraigada de los productores sobre los bosques y los árboles como enemigos.

Todas las fincas de la vereda Riberas del San Juan se dedican a la ganadería. El equipo de CIPAV trabajó en 19 predios, 13 de los cuales son pequeños a medianos (12 a 65 hectáreas), y los 6 restantes tienen áreas entre 200 y 2500 hectáreas. El sector de Riberas del San Juan posee importantes cuerpos de agua como la ciénaga la San Juana y el rio San Juan, tributario del río Carare, cuyos caudales muestran grandes fluctuaciones a lo largo del año como resultado de la eliminación de los bosques ribereños y la transformación de las áreas fangosas en potreros.

Al comienzo del proyecto, varios ganaderos expresaron su aspiración de "tecnificar" su sistema productivo, entendiendo por esto la adopción de semillas especializadas y más insumos sintéticos. Con el objetivo de ampliar la mirada de los ganaderos hacia una transformación holística de su sistema productivo, los diálogos iniciales promovieron una actualización de los conocimientos sobre ganadería sostenible y plantearon la necesidad de ordenar el uso de la tierra para respetar la normatividad ambiental, empezando por las franjas de protección de los cursos de agua. Al comienzo del proyecto, varios productores ganaderos tenían deudas cuantiosas con los comercializadores de insumos. Este factor facilitó el diálogo sobre alternativas productivas para reducir los costos de producción, mejorar la rentabilidad de la ganadería y eliminar la dependencia de insumos externos.

Materiales y Métodos

El primer paso en la ejecución del proyecto fue un diagnóstico del territorio, en el cual se analizó la ubicación de los cuerpos de agua, relictos de bosque y sistemas productivos para identificar las prioridades de reconversión productiva, restauración y conservación. El diálogo con las personas mayores de la comunidad fue esencial para entender la historia de transformación del bosque e identificar algunos manantiales y cursos de agua que desaparecieron como resultado de la deforestación. La planificación integró las visiones de los abuelos, padres y nietos para definir las acciones prioritarias.

El equipo de CIPAV permaneció en la zona de trabajo durante períodos de varios meses, lo cual permitió la convivencia, el intercambio con las familias ganaderas y la capacitación permanente en temas productivos y ambientales. El diálogo sobre temas como la nutrición de la familia, el costo de los insumos ganaderos, la posibilidad de producir estos insumos en la finca y el valor comercial de las propiedades con aguas bien protegidas y sistemas productivos diversificados, fue esencial para motivar a los productores hacia la adopción de prácticas silvopastoriles y de restauración (Calle y Murgueitio, 2020).

Se definieron tres niveles de intervención en los predios ganaderos de Riberas del San Juan:

- *Fincas piloto*: El PVS aportó asistencia técnica, insumos y mano de obra para transformar tres predios convencionales en fincas piloto o demostrativas, con prácticas silvopastoriles como árboles dispersos en potreros, setos forrajeros y bancos mixtos de forraje. La transformación de la finca El Sinaí (30 hectáreas) inició en el año 2016, durante la fase inicial del PVS. A partir de 2019, se intervinieron las fincas El Porvenir (65 hectáreas), Santa Marta (358 hectáreas) y Margaritas (20 hectáreas). La primera acción en todas las fincas fue la planificación predial participativa con las familias ganaderas. El resultado de cada ejercicio de planificación se plasmó en un mapa del predio con los cambios deseados por sus propietarios. A partir de ese insumo se priorizaron las implementaciones.

- *Asesoría a fincas*: El proyecto aportó asistencia técnica e insumos, pero no mano de obra, en las fincas La Fortuna, La Cristalina y Canaán, donde el proceso también comenzó con la planificación predial participativa. Varias acciones en estos predios se enfocaron en el buen manejo del agua. Se cercaron los fragmentos de bosque para evitar la entrada del ganado y se iniciaron acciones de restauración ecológica en los lomeríos, donde la productividad ganadera es muy baja. También se promovieron las cercas vivas y la rotación del ganado para mejorar la productividad de los potreros.

- *Acercamiento o acompañamiento*: En los demás predios, el Proyecto apoyó algunos cambios que los ganaderos deseaban implementar. Los propietarios recibieron plántulas, materiales de cercado y asistencia técnica para plantar especies de su interés, como abarco (*Cariniana pyriformis*) y cacao (*Teobroma cacao*). La relación con los propietarios de estos predios se construyó a partir del interés que mostraron en los cambios implementados en las fincas piloto. Por ejemplo, un ganadero que había colaborado en el transporte de equipos a las fincas piloto, observó las implementaciones y sus avances y quiso adoptar algunas ideas en su propia finca, con apoyo mínimo.

Una pregunta que cumplió un papel importante en el apoyo a los ganaderos de Riberas del San Juan fue: ¿cuáles árboles te gustan? Para debilitar la barrera cultural hacia la integración de árboles en las fincas, se tuvieron en cuenta los gustos y preferencias de los ganaderos, más que los criterios ecológicos (Calle *et al*., 2014, Tarbox *et al*., 2020). Es importante mencionar que cuatro de las fincas intervenidas en el proyecto eran administradas por mujeres.



Figura 2. Finca El Porvenir en mayo de 2019 y abril de 2021

Resultados y Discusión

Los siguientes arreglos silvopastoriles y agroforestales fueron diseñados y evaluados con los ganaderos de Riberas del San Juan:

- *Banco mixto de forraje (BMF):* Aunque el uso de árboles como fuente de forraje es una práctica muy antigua, su cultivo sistemático es más reciente (Benavides 1994). Los BMF han sido investigados en el mundo tropical desde hace varias décadas (Murgueitio e Ibrahim 2003). Los diseños y aplicaciones evolucionaron a partir de monocultivos de árboles y arbustos como *Morus alba* (Hernández *et al*. 1999), *Gliricidia sepium* (Escobar *et al* 1996), *Trichanthera gigantea* (Gómez el al 1999), *Cratylia argentea* (Argel y Lascano 1999), *Moringa oleifera* (Foidl *et al* 1999) y otros, hasta la consociación de diversas plantas forrajeras, árboles, palmas y cultivos para la seguridad

alimentaria (Giraldo *et al.,* 2011). Este modelo es apropiado por los productores de la región de estudio y se ha extendido en iniciativas de mayor escala, tales como el proyecto Ganadería Colombiana Sostenible (The World Bank 2011).

Al comienzo del trabajo de CIPAV en Riberas del San Juan, un productor manifestó su deseo de tener una reserva de pasto de corte para los animales. Sobre esta base se hizo un diseño inicial de un BMF, que tuvo varios cambios durante el proceso de implementación (Mejía *et al*, 2017). Inicialmente se plantaron bloques homogéneos de especies como matarratón, botón de oro, nacedero y cultivos. Más adelante se empezó a hacer un manejo de la abundante regeneración de zurrumbo *Trema micrantha*, un árbol pionero común cuya sombra favorece el desarrollo de los forrajes de corte. Luego se plantaron los bordes del BMF con árboles de yarumo (*Cecropia* sp.) con el fin de crear un ambiente de semi-penumbra y proteger el suelo. La instalación de un biodigestor de flujo continuo permitió aprovechar el efluente o biol como fertilizante líquido en el BMF. Con el tiempo, resultó evidente que el éxito del BMF en las condiciones de Riberas del San Juan dependía de una fuente de fertilizante orgánico de fácil aplicación, para lo cual era conveniente contar con energía fotovoltaica y una bomba estercolera. El costo del biodigestor y de los equipos complementarios limitó la adopción de los BMF en otros predios.

- *Árboles dispersos en potrero*: Los potreros con árboles dispersos son sistemas silvopastoriles con gran potencial de aplicación en América tropical (Esquivel *et al* 2003) debido a la baja inversión requerida y a la adaptación local de las especies nativas. La selección de árboles y las técnicas de manejo adecuadas determinan en gran medida el éxito de estos sistemas. En el caso del Magdalena Medio, se requiere un cambio de actitud frente a las especies que regeneran espontáneamente en las áreas de pastoreo y que han sido perseguidas por los productores (Calle y Murgueitio 2015). La oferta de sombra en los potreros es un requisito indispensable para cercar los bosques en la región del Magdalena Medio y dejar de usarlos como sitios de descanso del ganado. Uno de los primeros cambios acordados con los ganaderos fue suspender de la aplicación de herbicidas en los potreros. Esto permitió aumentar rápidamente el nivel de sombra mediante el manejo de la regeneración natural de árboles pioneros como *Xylopia aromatica y Vismia ferruginea.* Con cada ganadero se concertó un objetivo en términos de densidad de árboles en el potrero. El plan inicial requirió ajustes para favorecer la entrada de luz y controlar los efectos alelopáticos de la hojarasca de

X. aromatica. Se hicieron varios raleos de los árboles con el fin de mantener la cobertura de dosel en un nivel adecuado para el crecimiento de los pastos (30 a 35%) y aprovechar la madera. *X. aromatica* tuvo un buen desempeño porque permite la entrada de luz al suelo. Sin embargo, los árboles de *V. ferruginea* fueron eliminados gradualmente porque los ganaderos asociaban esta especie con la presencia de verrugas en el ganado. Se trata probablemente de una papilomatosis bovina, aunque no ha sido posible confirmar una relación directa entre las plantas y la presencia de verrugas causadas por virus en el ganado. Como complemento a los árboles en los sistemas ganaderos, se promovió la rotación adecuada de los animales luego de analizar con los productores los factores que favorecen el buen crecimiento de los pastos. En una de las fincas, el argumento a favor de los árboles fue la observación de un grupo de monos que intentaban atravesar un potrero. Otros productores tenían la idea de integrar árboles en los potreros, pero no habían considerado la posibilidad de obtenerlos mediante el manejo de la regeneración.

- *Cercas vivas:* Las cercas vivas son elementos lineales de los agropaisajes y se destacan en el contexto silvopastoril por la amplia diversidad de especies disponibles para diferentes condiciones biofísicas y socioeconómicas. Aunque con frecuencia se establecen para ofrecer sombrío y forraje en el trópico seco, también se han estudiado sus contribuciones a la biodiversidad en condiciones de trópico húmedo similares a la región de estudio (Molano *et al* 2000). Las cercas vivas eran desconocidas en la región antes del PVS. Todas las cercas de Riberas del San Juan habían sido elaboradas usando postes de maderas finas, obtenidos de árboles vulnerables o en peligro de extinción local, tales como: sapán *Clathrotropis brunnea* Amshoff (Fabaceae), garcero *Licania arborea* Seem. (Chrysobalanaceae), cagüí *Caryocar amygdaliferum* Mutis (Caryocaraceae), abarco (*Cariniana pyriformis* Miers (Lecythidaceae), punte candado *Minquartia guianensis* Aubl. (Olecaceae), macano *Terminalia amazonia* (J.F. Gmel.) Exell (Combretaceae), coco blanco *Couratari guianensis* Aubl. y coco cristal *Eschweilera pittieri* R. Knuth (Lecythidaceae). Sin embargo, la escasez de maderas finas en los bosques y el alto costo de la madera y su transporte desde otros sitios, motivaron a los ganaderos a adoptar las cercas vivas. Muy pronto, los productores entendieron las múltiples ventajas de esta práctica, entre ellas, el menor costo de mantenimiento de las cercas y la producción de madera para las necesidades de la finca (Calle y Murgueitio 2015). Se plantaron las siguientes especies en las cercas vivas de Riberas del San Juan: totumo (*Crescentia cujete*), yopo (*Mimosa trianae*), polvillo

(*Handroanthus chrysanthus*), matarratón (*Gliricidia sepium*), samán (*Samanea saman*), guácimo (*Guazuma ulmifolia*), cítricos (*Citrus* spp.), pepeburro (*Xylopia aromatica*) y mango (*Mangifera indica*). Al final del Proyecto, el costo de los materiales para el cercado y su traslado a la zona aún limitaba las posibilidades de ampliar las cercas vivas para subdividir los potreros y aumentar la eficiencia del pastoreo.

- *Setos forrajeros*: La finca El Porvenir implementó los primeros setos forrajeros de la región del Magdalena Medio. La idea surgió a partir de una capacitación que involucró a toda la familia de propietarios, enfocada en la nutrición de los rumiantes y la importancia de una dieta diversificada para satisfacer los requerimientos de proteína, energía y minerales. Al hacer aforos periódicos de las gramíneas, la familia entendió la necesidad de subdividir los potreros e implementar un pastoreo rotacional con el fin de garantizar el consumo del pasto en el momento óptimo. El seto forrajero es un corredor con cercas vivas a ambos lados, que integra la producción de forrajes y alimentos como yuca, plátano y cítricos. Durante la fase de establecimiento se corta el pasto muy bajo antes de sembrar botón de oro y yuca a una distancia de 30 cm entre plantas. Esta siembra en alta densidad genera sombra en forma rápida y ayuda a controlar el rebrote de las gramíneas. Las plantas de mayor porte (plátano y árboles como el yopo, *Mimosa trianae*) se establecen sobre una línea al centro del seto, y los arbustos forrajeros se instalan en líneas paralelas cada metro para facilitar el manejo. Algunas plantas de botón de oro se dejan a libre crecimiento para mantener una oferta de flores para los insectos benéficos. Estas franjas múltiples de arbustos forrajeros consorciados con árboles y palmas, contribuyen a la conectividad del paisaje al facilitar los movimientos de la fauna silvestre, atraen aves e insectos benéficos para los sistemas ganaderos, reducen la velocidad de los vientos y mejoran la oferta forrajera (Ayala *et al* 2017).

- *Sistemas agroforestales (SAF)*: La pandemia del Covid-19 y la cuarentena impuesta por el gobierno colombiano motivaron a varios ganaderos para reforzar la soberanía alimentaria en sus fincas con cultivos como cacao, plátano, yuca y chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*). El primer SAF se estableció en un sitio clave para la conectividad ecológica, situado entre dos drenajes naturales, que ya estaba rodeado de cercas vivas. Se plantaron diferentes árboles maderables en el interior del SAF.

- *Conectividad agroforestal y soberanía alimentaria*: En regiones con una fuerte tradición de deforestación, los corredores de conectividad diseñados a partir de criterios biológicos (sin integrar las necesidades de los ganaderos) pueden ser percibidos como una imposición (observaciones de los autores). Los productores suelen estar más abiertos a la posibilidad de integrar árboles en sus predios si el punto de partida del diálogo son los beneficios que éstos tienen para el sistema productivo (Carvajal, observación personal). Al comienzo del proyecto, varios ganaderos expresaron su interés en cultivar alimentos como plátano (*Musa* ssp.) y yuca (*Manihot esculenta*) para no tener que comprarlos en el mercado. Esta expectativa de los productores dio origen a la idea de establecer corredores agroforestales con árboles entre los potreros. Estos corredores ofrecen los servicios de las cercas vivas, producen forrajes para el ganado y alimentos para la familia, y fortalecen la conectividad entre fragmentos de bosque. Después de observar los múltiples beneficios de su primer corredor agroforestal, varios propietarios expresaron su interés en ampliar esta estrategia en sus fincas.

- *Rehabilitación de terrenos no aptos para la ganadería*: En el Magdalena Medio, los lomeríos o colinas se degradan rápidamente con el pastoreo (Carvajal, observación personal). Existe una fuerte barrera cultural contra la práctica de *enrastrojar* estos terrenos erosionados (permitir el crecimiento espontáneo de la vegetación). Sin embargo, algunos ganaderos entendieron los beneficios de implementar sistemas agroforestales en las lomas improductivas. Los propietarios de las fincas Las Margaritas y La Fortuna establecieron sistemas agroforestales con cultivos como plátano, yuca, cacao y maíz, y árboles multipropósito de su preferencia como yopo (*Mimosa trianae*), rayo (*Parkia pendula*, de rápido crecimiento, sombrío tenue y buen efecto sobre los pastos), ceiba (*Ceiba pentandra*), cedro (*Cedrela odorata*), guácimo (*Guazuma ulmifolia*) y totumo (*Crescentia cujete*).

Tabla 1. Especies integradas en sistemas agroforestales y silvopastoriles de Riberas del San Juan.

Sistema propuesto	Especies
Banco Mixto de Forraje	Botón de oro (*Tithonia diversifolia*), yuca *(Manihot esculenta),* caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), morera (*Morus alba*), nacedero (*Trichanthera gigantea*), maíz (*Zea mays*), bore *(Alocasia xanthorrhiza),* matarratón *(Gliricidia sepium),* zurrumbo (*Trema micrantha*), árbol de pan *(Artocarpus altilis)*, solera *(Cordia gerascanthus),* pepeburro (*Xylopia aromatica*), yarumo (*Cecropia membranacea)* y gramíneas. Predio: Sinaí
Setos forrajeros	Polvillo (*Handroanthus chrysanthus*), yopo (*Mimosa trianae*), botón de oro, cítricos, totumo (*Crescentia cujete*), guácimo, matarratón *(Gliricidia sepium),* solera *(Cordia gerascanthus)*, ciruelo, maíz, peralejo (*Byrsonima crassifolia*), chaya *(Cnidoscolus aconitifolius).* Predios: El Porvenir y Margaritas
Cercas vivas	Totumo (*Crescentia cujete*), yopo (*Mimosa trianae*), polvillo (*Handroanthus chrysanthus*), matarratón *(Gliricidia sepium),* guácimo (*Guazuma ulmifolia*), cítricos (*Citrus* spp.*)*, pepeburro *(Xylopia aromatica)*, mango *(Mangifera indica).* Predios: El Sinaí, El Porvenir, Margaritas, Santa Marta, La Fortuna, La Cristalina
Arboles dispersos en potrero	Pepeburro (*Xylopia aromatica*). Predios: El Sinaí, El Porvenir, Margaritas, Santa Marta, La Fortuna
Sistemas agroforestales	Yopo (*Mimosa trianae*), polvillo (*Handroanthus chrysanthus*), plátano (*Musa paradisiaca*), cacao (*Theobroma cacao*), yuca, *(manihot esculenta)* samán (*Samanea saman*), polvillo (*Handroanthus chrysanthus*), yopo (*Mimosa trianae*), botón de oro, cítricos, totumo (*Crescentia cujete*), guácimo, matarratón *(Gliricidia sepium),* solera *(Cordia gerascanthus)*, ciruelo, maíz, peralejo (*Byrsonia sp.*), chaya *(Cnidoscolus chayamansa).*

Otras prácticas adoptadas por los ganaderos de Riberas del San Juan fueron las siguientes:

- *Biodigestores*: La instalación de biodigestores de flujo continuo tuvo gran impacto desde el comienzo del Proyecto, porque la leña para la preparación de alimentos era escasa en la región y la extracción no autorizada de leña en predios vecinos era una fuente permanente de

conflictos. Por otra parte, el costo del gas propano y su transporte hasta las fincas, era muy alto. Las primeras familias que instalaron un biodigestor, recuperaron la inversión en un período de 8 meses al dejar de comprar gas.

- *Paneles solares*: Al comienzo del Proyecto, los cortes frecuentes y prolongados de la energía eléctrica, dificultaban el manejo de las rotaciones en los potreros. La instalación de paneles solares y energía fotovoltaica para las cercas eléctricas y las necesidades básicas en las viviendas, aceleró la transformación de las fincas. La energía fotovoltaica ha permitido sostener las rotaciones adecuadas y garantizar la oferta de biomasa para el ganado.

- *Cercado de los bosques*: El uso de los fragmentos de bosque como sitios de descanso del ganado es una práctica común en los sistemas ganaderos del Magdalena Medio. El ganado pisotea el sotobosque y destruye las plántulas que regeneran en él, con lo cual se forman claros fangosos e improductivos en el interior de los fragmentos (Carvajal, observación personal). El cercado evita la entrada del ganado y acelera la recuperación de los bosques degradados.

- *Acueducto ganadero*: La oferta de agua en cada potrero, que muchas veces depende la energía fotovoltaica, evita los desplazamientos largos del ganado hasta las quebradas y jagüeyes. La implementación de varios acueductos ganaderos eliminó la práctica común de usar aguas estancadas y de muy mala calidad para saciar la sed de los animales.

Durante cinco años de diálogo y trabajo con los ganaderos, fue importante evitar el discurso conservacionista y plantear las propuestas en términos de mejorar el sistema productivo y evitar el endeudamiento con los vendedores de insumos, sin usar las palabras restauración y conservación. Para debilitar el rechazo cultural hacia los árboles, se priorizó la siembra de un conjunto de especies multipropósito que ya habían mostrado buenos resultados en la región (Tabla 1). Los suelos degradados y el clima cada vez más errático limitaron el número de especies plantadas en las fincas ganaderas. Por otra parte, las barreras culturales también dificultaron integrar una alta diversidad de especies desde el comienzo del proceso. Sin embargo, se logró el objetivo de debilitar esa barrera cultural.

Se intervinieron 343 hectáreas en el paisaje de Riberas del San Juan, con cambios en el uso del suelo enfocados en el manejo más sostenible de la ganadería (Figura 2). Por ejemplo:

- Se establecieron 28 hectáreas de sistemas silvopastoriles, incluyendo un banco mixto de forraje (0,5 ha), árboles dispersos en cinco fincas (21,35 ha), setos forrajeros en tres fincas con (1062 m en total) y cercas vivas en cinco fincas (7547 m en total).

- Se instalaron tres biodigestores de flujo continuo y un sistema de cosecha de agua lluvia.

- Se construyeron acueductos ganaderos en cinco fincas, con un total de 3596 m de tubería para llevar agua a los potreros. Adicionalmente, se instalaron cinco sistemas fotovoltaicos completos y dos impulsores. La rotación ordenada de los animales como resultado de estas acciones, aceleró la recuperación de los pastos. A su vez, el mejoramiento en la cobertura de gramíneas redujo visiblemente el arrastre de suelo y la sedimentación de los cuerpos de agua.

- Algunas prácticas sencillas estuvieron acompañadas de la llegada de mariposas, escarabajos, aves y otros organismos (Carvajal, observación personal). Por ejemplo, los postes de las cercas y las plantas de botón de oro y yuca generaron perchas para las aves dispersoras de semillas, y aceleraron la regeneración de especies nativas.

- Se liberaron 57,76 ha para la conservación y restauración en cinco fincas y se estableció un total de 510 m de corredores de conectividad en tres fincas. El cercado de los bosques permitió la regeneración natural de árboles remanentes de alto valor de conservación a partir de semillas. Se formaron bancos naturales de plántulas de varias especies que no había sido posible propagar en el vivero por la dificultad de cosechar o germinar las semillas.

- Se establecieron 2,17 ha de sistemas agroforestales en dos fincas.

- Se plantó un total de 45.000 árboles y arbustos.

- Por otra parte, el proyecto evitó la deforestación de 78 hectáreas de bosque que los ganaderos habían reservado para ampliar sus potreros en el futuro.

Conclusiones

El equipo de CIPAV no planteó la conservación y la restauración de los bosques como objetivos explícitos del trabajo con los ganaderos de Riberas del San Juan. Estos efectos ambientales positivos fueron un resultado

indirecto del mejoramiento de las prácticas ganaderas. A lo largo del proyecto, la intensificación de las áreas que ofrecen las mejores condiciones agroecológicas con prácticas como los árboles dispersos, las cercas vivas, los setos forrajeros y los bancos mixtos de forrajes, les permitió a los ganaderos proteger los fragmentos de bosque y liberar tierras estratégicas para la restauración.

La principal lección aprendida de este proceso es la importancia de iniciar los procesos de restauración de paisajes forestales con acciones dirigidas al fortalecimiento de los sistemas productivos y los medios de vida. Aunque esta ruta puede ser lenta e indirecta, tiene más sentido para los productores que están dando los primeros pasos en el proceso de reconciliarse con los bosques.

Agradecimientos

Al Proyecto Vida Silvestre y las familias ganaderas de Riberas del San Juan.

Bibliografía

Argel P, Lascano C. 1999. *Cratylia argentea*: una nueva leguminosa arbustiva para suelos ácidos en zonas subhúmedas tropicales. Pp. 259-275 en: M Sánchez y M Rosales (editores). Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. Estudio FAO sobre producción y sanidad animal 143, Roma.

Ayala K, Melo A, Zuluaga AF, Chica D, Gómez JC, Uribe F, Chará J, Alvarado C. 2017. Manual de Usos de la Tierra. Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible. GEF, BEIS, Banco Mundial, Fedegan, TNC, CIPAV, Fondo Acción. Bogotá, Colombia. 31 p. http://ganaderiacolombianasostenible.co/web/wp-content/uploads/2017/12/GSC-Manual-del-uso-de-las-tierras-espa%C3%B1ol-baja.pdf

Benítez PA., Serna JC., Álvarez E. 2011. Deforestación y flujos de carbono en los bosques asociados con ciénagas del Magdalena Medio Cimitarra, Santander (Colombia). Pp 85 – 96 en: Ecología de humedales del Magdalena Medio: el caso del Complejo de Ciénagas de Cachimbero, Caño Negro, La Chiquita y El Encanto en Cimitarra, Santander (Colombia). ISA, CAS, Holos, Jardín Botánico de Medellín, Universidad de Antioquia.

Calle-D, Z., Giraldo-S, E., Giraldo-S, A., Tafur, O., Bolívar, J. A. 2014. Gustos, percepciones y conocimiento local de los habitantes rurales de la cuenca media del río La Vieja (cuenca del río Cauca, Colombia), sobre 60 especies nativas de árboles, arbustos y palmas. Biota Colombiana 15 (Supl. 2): 39-57.

Calle Z, Murgueitio E. 2015. Ganaderos aliados de la biodiversidad en el Magdalena Medio. Revista Carta Fedegan 141: 80 – 85. Colombia.

Calle, Z., Murgueitio E., 2020. Árboles nativos para predios ganaderos. Especies focales del Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible. CIPAV, Cali Colombia. 346 p.

Chará J., Reyes E., Peri P., Otte J., Arce E., Schneider F. 2020. Sistemas silvopastoriles y su contribución al uso eficiente de los recursos y a los Objetivos de Desarrollo Sostenible: Evidencia desde América Latina. CIPAV, FAO & Agri Benchmark, Editorial CIPAV, Cali, 60 pp.

Escobar A, Romero E, Ojeda A. 1996. *Gliricidia sepium*, el matarratón, árbol multipropósito. Fundación Polar, Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela, 78 p.

Esquivel H, Ibrahim M, Harvey C, Villanueva C. 2003. Árboles dispersos en potreros de fincas ganaderas en un ecosistema seco de Costa Rica. Agroforestería de las Américas 10: 39-40. CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Foidl N L, Mayorga W, Vásquez L. 1999. Utilización del Marango (*Moringa oleifera*) como forraje fresco para ganado. Pp. 341-350 en: M.D. Sánchez y M Rosales (editores) Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. Estudio FAO: Producción y sanidad animal 143. Roma.

Galvis-Aponte LA, Quintero-Fragozo CA. 2016. Geografía económica de los municipios ribereños del Magdalena. Banco de la República, Bogotá, Colombia. 76 p.

Giraldo J, Sinisterra JA, Murgueitio E. 2011. Árboles y arbustos forrajeros en policultivos para la producción campesina: Bancos Forrajeros Mixtos. Revista LEISA junio 2011, pp 15-18.

Gómez M E, Rodríguez L, Murgueitio E, Ríos C, Rosales M, Molina CH, Molina E, Molina CH, Molina JP. 1997. Árboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente proteica. Segunda edición aumentada. CIPAV. Cali, Colombia 147 p.

Hernández I, Milera M, Simon L Hernández D, Iglesias J, Lamela L, Toral O, Matías C, Francisco G. 1999. Avances en las investigaciones en sistemas silvopastoriles en Cuba. Pp. 89-106 en: M Sánchez y M Rosales (editores). Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. Estudio FAO sobre producción y sanidad animal 143. Roma.

Marín-Valencia AL, Álvarez-Hincapie CF, Giraldo CE, Uribe-Soto S. 2018. Análisis multitemporal del paisaje en el Magdalena Medio en el periodo 1985-2011: una ventana de interpretación de cambios históricos e implicaciones en la conectividad estructural de los bosques. Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía 27 (1): 10-26. doi: 10.15446/rcdg. v27n1.55783.

Mejía C, Zapata A, Solarte L.H. 2017. Bancos mixtos de forraje. CIPAV y Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible. http://ganaderiacolombianasostenible.co/web/wp-content/uploads/2017/02/9-BANCOS-MIXTOS-DE-FORRAJE.pdf

Molano A. 2009. En medio del Magdalena Medio. CINEP, Bogotá, Colombia, 166 p.

Molano JG, Quiceno MP. 2000. El papel de las cercas vivas en un sistema agropecuario en el Pidemonte Llanero. En: Agroforestería para la Producción Animal en América Latina - II - Memorias de la Segunda Conferencia Electrónica (agosto de 2000-marzo de 2001). M.D. Sánchez y M. Rosales Méndez (editores). Dirección de Producción y Sanidad Animal. FAO. http://www.fao.org/3/y4435s/y4435s05.htm

Murgueitio E, Ibrahim M 2001: Agroforestería pecuaria para la reconversión de la ganadería en Latinoamérica. *Livestock Research for Rural Development*. Vol 13, Art 26. http://www.lrrd.org/lrrd13/3/murg133.htm

Tarbox B, Swisher M, Calle Z, Wilson CH, Flory L. 2020. Decline in local ecological knowledge in the Colombian Andes may constrain silvopastoral tree diversity. Restoration Ecology 28(4): 892-901

The World Bank (2021). Not the COW, the HOW: Increasing Livestock Productivity, Improving Natural Resource Management, and Enhancing Environmental Services in Colombia. https://www.worldbank.org/en/results/2021/03/01/enhancing-environmental-services-in-colombia

Impacto del estrés calórico en la productividad de la cría vacuna

Impact of heat stress on beef cow productivity

G. Goncherenko; F. Báez; J. Fedrigo; R. Santa Cruz; C. Viñoles

PDU Agroforestal (CUCEL). Ruta 26 km 408, Cerro Largo, CP 3700.
guillermogoncherenko@gmail.com

Resumen

En este trabajo evaluamos el impacto de un sistema silvopastoril (SSP) versus sol pleno (SP) asociados o no al destete temporario (DT) en la productividad de vacas y terneros. Se utilizaron 55 vacas multíparas cruzas Braford de 6 años de edad y 343 kg de peso vivo con ternero al pie, los cuales fueron asignados al azar a uno de 4 tratamientos: SSP + DT (n=9), SSP – DT (n=19), SP + DT (n=13) y SP – DT (n=14). El experimento se realizó del 1/12/20 al 19/3/21 y coincidió con el período de servicios. Cada 28 días se registró disponibilidad de forraje, peso vivo de vacas y terneros, condición corporal de las vacas y momento de preñez. Se registró la temperatura vaginal de las vacas, temperatura del globo negro (GN) y se estimó el índice de temperatura y humedad del globo negro (ITHGN). La asignación inicial de forraje fue de 3.5 kg MS/kg PV. La temperatura del GN y el ITHGN fueron inferiores en los SSP vs SP. La productividad de terneros y vacas fue superior en SSP vs SP (P<0.01). La temperatura vaginal fue inferior (P<0.05) en vacas SSP vs SP. La probabilidad de preñez de las vacas SP-DT tendió (P=0.06) a ser inferior respecto a SSP+DT y SP+DT, siendo intermedios los valores para SSP-DT. Concluimos que el SSP permite reducir el estrés calórico y aumentar la productividad animal, y que el uso de DT en vacas SP permitiría atenuar el efecto negativo del estrés calórico en la reproducción.

Palabras clave: *eficiencia reproductiva, peso al destete, sistema silvopastoril.*

Abstract

In this work we evaluate the impact of a silvopastoral system (SPS) versus full sun (FS) associated or not with temporary weaning (TW) on the productivity of cows and calves. 55 multiparous Braford cross cows of 6 years of age and 343 kg of live weight with calf at the foot were used, which were randomly assigned to one of 4 treatments: SPS + TW (n=9), SPS – TW (n=19), FS + TW (n=13) and FS – TW (n=14). The experiment was conducted from 12/1/20 to 3/19/21 and coincided with the period of services. Forage availability, live weight of cows and calves, body condition of cows and time of pregnancy were recorded every 28 days. The vaginal temperature of the cows, the black

globe temperature (BG), and the black globe temperature and humidity index (BGTHI) were estimated. The initial forage allowance was 3. 5 kg DM/kg LW. The temperature of the BG and the BGTHI were lower in the SPS vs FS. The productivity of calves and cows was higher in SPS vs FS (P <0.01). Vaginal temperature was lower (P<0.05) in SPS vs FS cows. The probability of pregnancy of the FS-TW cows tended (P = 0.06) to be lower with respect to SPS+TW and FS + TW, the values for SPS-TW being intermediate. We conclude that SPS allow reducing heat stress and increasing animal productivity, and that the use of TW in FS cows would attenuate the negative effect of heat stress on reproduction.

Key words: *reproductive efficiency, silvopastoral system, weaning weight.*

Introducción

El efecto del clima sobre los sistemas ganaderos es un tema de creciente preocupación, ante los futuros escenarios sobre el cambio climático (Vitali *et al*., 2015), donde se espera un incremento en la temperatura global, así como en la frecuencia con la que ocurren olas de calor, sequías e inundaciones (The Intergovernmental Panel on Cimate Change, 2018). En sistemas criadores con base de alimentación pastoril, la productividad tiene una fuerte interacción con el nivel alimenticio del par vaca-ternero (Do Carmo *et al*., 2018), y depende de la capacidad de los animales de cosechar forraje de buena calidad. Por lo tanto, el efecto del cambio climático, afectará no solamente el crecimiento del forraje a través de menores precipitaciones y más sequias, sino también al animal debido a un efecto directo de las altas temperaturas y la radiación solar (Nardone *et al*., 2010) causándoles estrés calórico (Fedrigo *et al*., 2019a). El estrés calórico es la respuesta animal frente al aumento de la temperatura corporal, que desencadena eventos fisiológicos y comportamentales para mantener la homeostasis (Castaño *et al*., 2014). Los animales modifican su comportamiento habitual, reduciendo el tiempo dedicado a pastorear (Brown-Brandl *et al*., 2006), con consecuencias directas en la ganancia de peso vivo y la productividad animal (Mader *et al*., 1997). Esas reducciones en el consumo de materia seca responden a la aclimatación que está llevando a cabo el animal frente a la situación de estrés que está sufriendo, ya que se evidencia una relación inversa entre el índice de temperatura y humedad (ITH) con el consumo y producción de leche de las vacas (Mader, 2003).

El estrés calórico también tiene efectos negativos sobre la eficiencia reproductiva. Amundson *et al*., (2006) describen una fuerte asociación entre la temperatura media, temperatura mínima e ITH con la tasa de preñez en ganado para carne, donde la temperatura mínima juega un papel muy importante en los primeros 21 días de servicio, reduciéndose la tasa de

preñez en 3,79% y 2,06% por cada unidad incremental de la temperatura mínima e ITH registrada. El estrés calórico, también induce cambios en los folículos antrales pequeños, lo cual se puede manifestar como un desarrollo deficiente del folículo dominante para cumplir exitosamente con las fases de maduración, fecundación y desarrollo embrionario (Roth, 2020). La literatura concuerda con el concepto de que el ovocito es extremadamente sensible a las altas temperaturas (De Rensis *et al*., 2015; Rodrigues *et al*., 2016). En estudios realizados *in vitro*, se ha determinado que el IGF-I tiene un efecto termo protector sobre el ovocito (Rodrigues *et al*., 2016). Sin embargo, no existen reportes de su eficiencia en experimentos *in vivo*. El destete temporario (DT, aplicación de una tablilla nasal a los terneros por 14 días para impedir el amamantamiento) aumenta la tasa de preñez de las vacas, asociado a un incremento en las concentraciones circulantes de IGF-I e insulina (Quintans *et al*., 2010; Soca *et al*., 2014). Por lo tanto, si el DT fuera aplicado alrrededor de la ocurrencia de la primera ola del calor del verano, el aumento de IGF-I podría proteger al ovocito de las altas temperaturas y redundar en una mayor tasa de preñez (Sudo *et al*., 2007; Rodrigues *et al*., 2016).

Los sistemas silvopastoriles (SSP) brindan sombra a los animales, generando un microclima que promueve el confort térmico y el pastoreo más constante durante el día (Rosselle *et al*., 2013; Fedrigo *et al*., 2019b; Pezzopane *et al*., 2019). Además, el forraje que crece debajo de la sombra de los árboles es de mayor calidad, ya que aumenta su contenido proteico y la digestibilidad, lo que podría favorecer el crecimiento de los terneros (Fedrigo *et al*., 2019b). Por lo tanto, la sombra de los árboles en SSP podría ser un método efectivo para atenuar el impacto del estrés calórico.

En este trabajo nos planteamos la hipótesis que el microclima generado en un SSP permite atenuar el estrés calórico, permitiendo un mayor consumo de forraje, mayor tasa de ganancia y mayores pesos de las vacas y sus terneros al destete. Al reducir la temperatura vaginal el SSP permite una concepción más temprana de las vacas, y este efecto es más marcado cuando se asocia con el DT alrrededor de la ocurrencia de la primera ola de calor del verano.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en un establecimiento comercial ubicado en el departamento de Tacuarembó, Uruguay (35° 55' 09.83" S, 56° 02' 21.71" O) del 1/12/2020 al 19/3/2021.

Se utilizaron 55 vacas multíparas de 6 años de edad y 343 kg de peso vivo con ternero el pie cruzas con Bradford, que fueron bloqueadas por peso vivo de vacas y terneros, y condición corporal de las vacas. El diseño experimental

utilizado fue en parcelas divididas en diseño completamente al azar, con dos repeticiones, la parcela grande quedó determinada por la presencia o no de árboles ((SSP) o Sol Pleno (SP)) y la parcela chica por la aplicación o no de DT a los terneros (+ DT o - DT), conformándose así 4 tratamientos: 1) SSP + DT (n=9), 2) SSP – DT (n=19), 3) SP + DT (n=13) y 4) SP – DT (n=14). El SSP, de 5 años de edad, fue una parcela de 27 ha de *Eucalyptus grandis* en un arreglo 4x4+16 (4 metros entre árboles en la fila, 4 metros entre filas, y 16 metros de callejón) y el testigo a sol pleno una parcela de 25 ha de campo natural sin sombra (Imagen 1), ambas parcelas sub-divididas con piolas eléctricas.



Imagen 1. Sistema Silvopastoril (izquierda) y testigo a sol pleno (derecha)

En la Figura 1 se presenta un diagrama de las actividades experimentales realizadas. El 1/12/20 comenzó el entore, utilizándose toros aptos desde el punto de vista reproductivo, los cuales se rotaron cada 2-3 días entre cada parcela experimental. El entore duró hasta el 9/3/2021, fecha en que se realiza el destete de los terneros y se inicia un tratamiento hormonal para realizar inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) en todas las vacas que estaban en anestro. En el momento esperado de la primera ola de calor se aplicó tablilla nasal durante 14 días a la mitad de los terneros de cada parcela. Con una frecuencia de 28 días, fue registrado el peso vivo (PV) de vacas y terneros utilizando una balanza electrónica, la condición corporal (CC) de las vacas mediante apreciación visual (Vizcarra *et al*., 1986), momento de concepción de las vacas mediante ecografía, y muestreo de forraje (técnica de doble muestreo) con ajuste de carga (Sollenberger *et al*., 2005; Do Carmo *et al*., 2016). Durante todo el período experimental se registró la temperatura vaginal. Para la caracterización climática se colocaron sensores de temperatura y humedad del aire (HOBO-Pendant) ubicados en abrigos meteorológicos a 1,5 m de altura e instalados en SSP (bajo los árboles, en el

callejón y en la zona sin árboles) y en SP. Para considerar los aportes calóricos originados por la radiación solar directa y por convección se utilizaron globos negros (GN, esferas de Vernon equipadas con sensores automáticos de temperatura i-Buttons Dallas). En base a esta información se calculó el índice de temperatura y humedad diario del globo negro (ITHGN) utilizando la fórmula de Thom (1959): ITH = (0.8 × temperatura) + [(% humedad relativa/100) × (temperatura − 14.4)] + 46.4. La base forrajera de los animales fue campo natural, asignándose inicialmente 3.5 kg MS/kg PV en ambos grupos, sin realizarse ajustes posteriores. La vegetación se trata de campo natural del ecosistema Campos (Allen *et al*., 2011) ubicada en las areniscas de Tacuarembó, donde las principales especies dominantes en estas condiciones edafoclimáticas son *Andropogon lateralis, Paspalum notatum, Axonopus argentinus y Piptochaetium montevidense*. La disponibilidad de agua fue *ad libitum.* El modelo estadístico utilizado para el análisis de los datos fue el siguiente: Yijk = μ + Si + Uj(i) + Dk + (SD)ik + εijk, donde: Si es el efecto de la sombra, Uj(i) es el error de la sombra (aleatorio), Dk es el efecto del destete temporario, (SD)ik es la interacción de ambos tratamientos y εijk error de destete temporario (aleatorio).

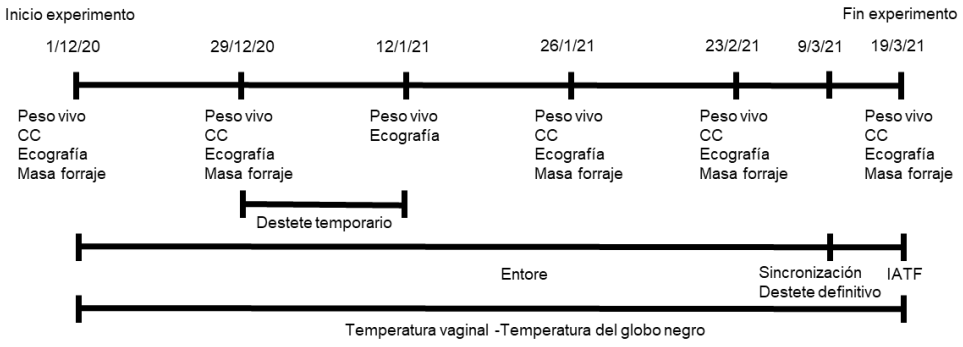


Figura 1. Diagrama que describe las fechas y actividades realizadas durante el período experimental.CC: condición corporal; Ecografía: evaluación del tracto reproductivo; 1/12/20: inicio del entore; 9/3/21: fin del entore y destete definitivo; 19/3: inseminación artificial a tiempo fijo (IATF).

Resultados

Disponibilidad de forraje

La asignación de forraje inicial fue de 3.5 Kg MS/kg PV, pero se redujo en febrero a 2 kg MS/kg PV, para recuperarse en marzo a niveles de 4 Kg MS/kg PV (Gráfico 1).

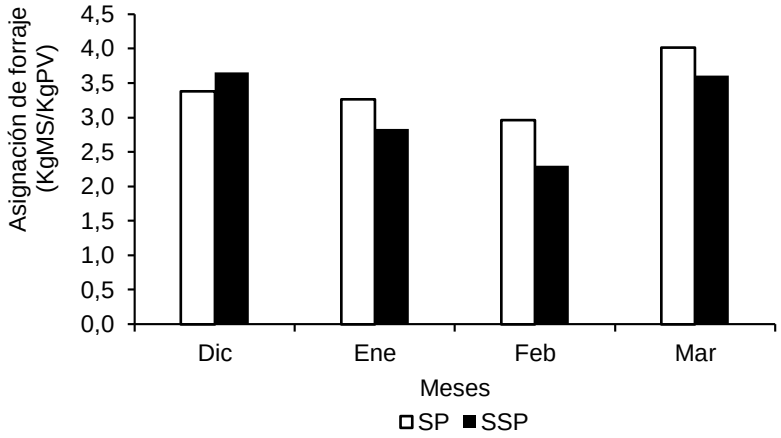


Gráfico 1. Asignación de forraje durante el período experimental a vacas pastoreando a Sol Pleno (SP, blanco) o en sistemas silvopastoriles (SSP, negro).

Temperatura del GN e ITHGN

La temperatura media del GN debajo de los árboles y en el callejón fue inferior durante todo el período experimental respecto a la temperatura media del grupo SP o del área sin árboles del SSP (Gráfico 2A). Respecto al ITHGN (Gráfico 2B), se observa que el promedio mensual fue superior en el grupo SP y en el área sin árboles del SSP, con un máximo de 76 y 81; respectivamente. El ITHGN bajo los árboles y en el callejón se mantuvo siempre en valores inferiores, con máximos de 73 y 71; respectivamente, a lo largo de todo el período experimental.

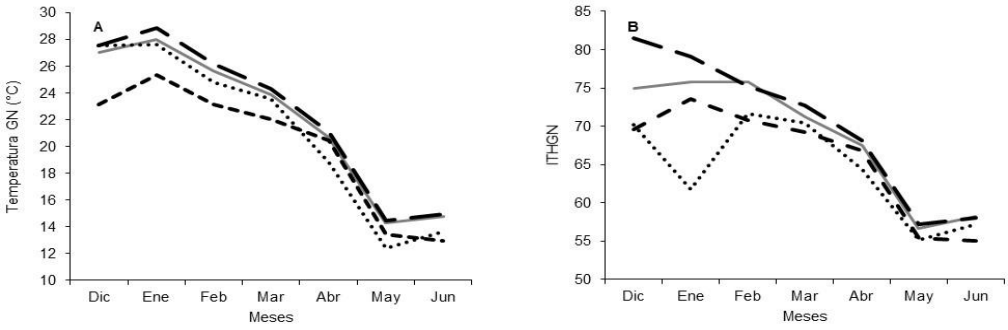


Gráfico 2. Evolución de la temperatura media mensual (A) del globo negro (GN) e Índice de Temperatura y humedad (B) del globo negro (ITHGN) en los grupos sol pleno (línea gris continua), área sin árboles del sistema silvopastoril (línea negra con guiones grandes), área del callejón (línea punteada) y debajo de los árboles (línea negra con guiones pequeños) durante el período experimental.

Variables productivas y reproductivas

En la tabla 1, se presentan las significancias estadísticas de los factores fijos evaluados para las diferentes variables de respuesta en vacas y terneros.

Tabla 1. Efecto del sistema silvopastoril (SSP) o sol pleno (SP) asociado (+) o no (-) al destete temporario (DT), el efecto de la observación y la interacción del sistema (SSP/SP) y la observación sobre el peso vivo de vacas y terneros, ganancia media diaria de peso vivo de los terneros y condición corporal de las vacas.

Variable de	Efectos fijos			
	SSP/SP	+DT/-DT	Obs.	Interacción SSP/SP x Obs.
Vacas				
Peso vivo	<0.0001	0.697	<0.0001	<0.0001
CC	0.060	0.142	<0.0001	0.122
Terneros				
Peso vivo(kg)	0.014	0.783	<0.0001	0.004
GMD (kg/d)	0.010	0.904	<0.0001	0.126

Obs.: observación; CC: condición corporal, GMD: ganancia media diaria de peso vivo.

Los terneros que pastorearon junto a sus madres en las parcelas SSP, tuvieron mayores tasas de ganancia, lo que se reflejó en mayores pesos vivos sobre el final del verano (días 82 y 96 del experimento), respecto a los que pastorearon en las parcelas SP (Gráfico 3).

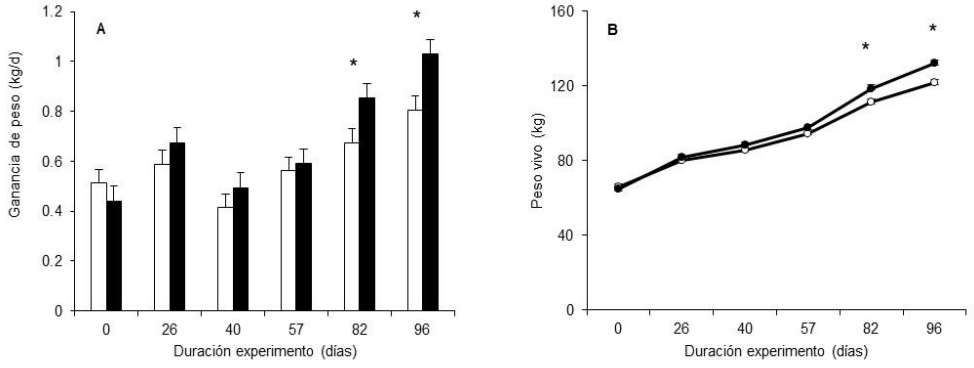


Gráfico 3. Tasa de ganancia diaria (A) y peso vivo (B) de terneros que pastorearon junto a sus madres en parcelas de sistemas Silvopastoriles (color negro) o a sol pleno (color blanco) durante los 96 días que duró el experimento. Los asteriscos indican diferencias significativas entre sistemas.

Las vacas que pastorearon SSP recuperaron peso vivo más rápidamente que las vacas que pastorearon SP, observándose incrementos de la CC al inicio y final del experimento (Gráfico 4).

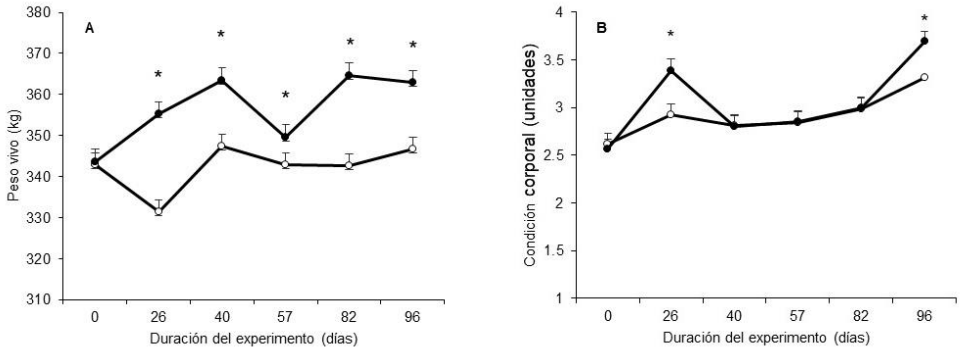


Gráfico 4. Evolución del peso vivo (A) y condición corporal (B) de vacas cruzas Braford que pastorearon parcelas de sistemas Silvopastoriles (color negro) o a sol pleno (color blanco) durante los 96 días que duró el experimento. Los asteriscos indican diferencias significativas entre sistemas.

Temperatura vaginal

La temperatura vaginal media registrada durante todo el período experimental entre la 1 y las 5 PM fue inferior (P<0.05) en las vacas del grupo SSP comparadas con las del grupo SP (Gráfico 5).

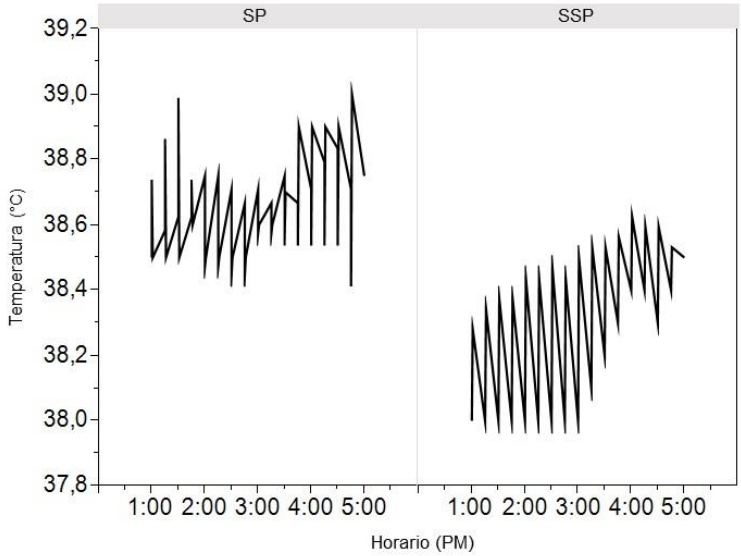


Gráfico 5. Temperatura vaginal promedio en las horas de la tarde (1-5 PM) de vacas pastoreando parcelas a sol pleno (SP) o en sistemas silvopastoriles (SSP) durante el período experimental

La probabilidad de preñez tendió a ser menor (P=0.06) en las vacas del grupo SP-DT, respecto a las de los otros grupos (Gráfico 6).

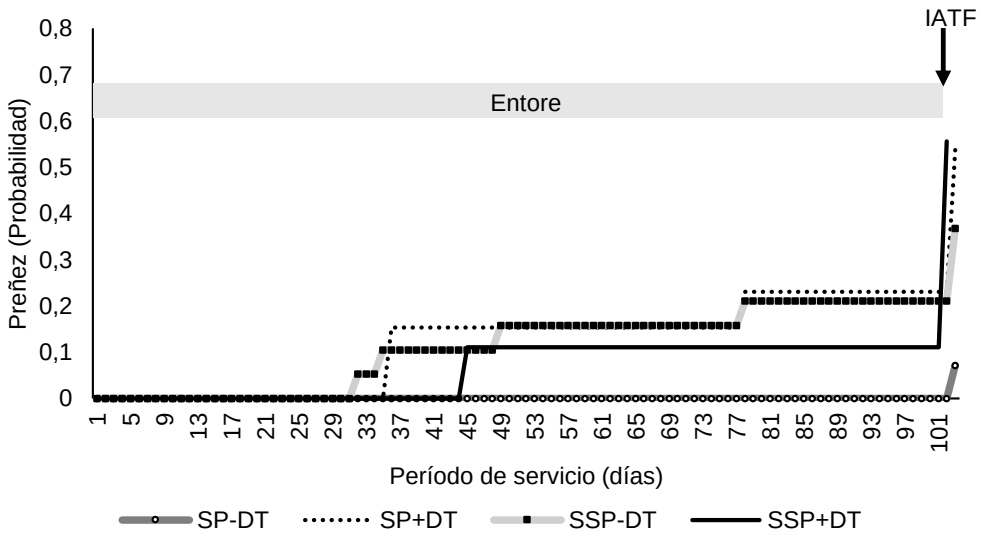


Gráfico 6. Probabilidad de preñez en función de los días del servicio para los grupos Sol Pleno (SP) y sistemas silvopastoriles (SSP) asociados (+) o no (-) al destete temporario (DT). El aumento en la probabilidad de preñez observado al final del período de servicios, corresponde al resultado de la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF).

Discusión

La hipótesis de que el microclima generado en SSP permite atenuar el estrés calórico, favoreciendo el consumo de forraje y la evolución de peso de vacas y de terneros fue aceptada. La temperatura del GN y el ITHGN fueron inferiores debajo de los árboles y en el callejón en SSP, lo que probablemente haya favorecido un patrón más constante de consumo de forraje, que se reflejó en la tasa de ganancia y el peso vivo de los terneros. Resultados similares se observaron en las vacas, con una recuperación inicial del peso vivo que se mantiene más elevado en las vacas del grupo SSP vs SP, y coincide con aumentos en la condición corporal al inicio y fin del período experimental. El microclima favorable de los SSP, permitió que la temperatura vaginal se mantuviera más baja en las horas de más calor en las vacas del grupo SSP vs SP. El DT tendió a aumentar la probabilidad de preñez de las vacas SP, siendo menor en las vacas pastoreando SP sin DT.

En este experimento, la asignación de forraje inicial fue similar para ambos tratamientos, y a un nivel que no limitara la productividad animal (>3.31 kgMS/kg PV; Sollenberger *et al.*, 2005). Sin embargo, disminuyó entre diciembre y febrero, asociada a las reducidas precipitaciones. A pesar de ello, se observaron diferencias en productividad de terneros y vacas, que estarían explicadas por la mejora en el confort térmico de los animales a causa de la sombra que aporta el SSP, lo que quedó confirmado por la menor temperatura media del GN e ITHGN registrada durante el periodo

experimental. El mayor confort térmico proporcionado por el SSP habría permitido que los animales destinen una mayor cantidad de tiempo al pastoreo durante el día (Rosselle *et al*., 2013; Fedrigo *et al*., 2019b; Pezzopane *et al*., 2019), redundando en una mayor cosecha de forraje de mejor calidad nutricional (Fedrigo *et al*., 2019b). No podemos descartar que el mejor balance energético de las vacas del grupo SSP, haya redundado en mayor producción de leche, lo que habría favorecido la tasa de ganancia y peso de los terneros al destete (Mummed, 2013). Por otro lado, los animales que no tuvieron acceso a la sombra estuvieron expuestos a temperaturas medias a ITHGN superiores, lo que generó una situación de estrés calórico en los animales desencadenando una reacción de aclimatación, afectándose el tiempo dedicado al pastoreo (Brown-Brandl *et al*., 2006) y por ende el consumo de forraje, con consecuencias directas en la ganancia de peso vivo (Mader *et al*., 1997). Por lo tanto, el uso de sombra es clave para aumentar la productividad animal durante el verano, aún cuando la asignación de forraje es limitante.

Otro cambio relevante ocurrido en los SSP, fue la menor temperatura vaginal de las vacas en las horas de mayor calor, comparados con las de los grupos SP. Este mejor confort térmico quedó demostrado por la menor temperatura media e ITHGN registrado durante los primeros 60 de servicio, con un ITHGN máximo de 73, mientras que los valores reportados para el grupo SP alcanzaron valores de 75 y se sostuvieron durante más tiempo. Estos valores concuerdan con lo reportado por Amundson *et al*., (2006) donde se menciona la importante asociación entre la temperatura media e ITH con la tasa de preñez, estableciéndose 73 como valor máximo crítico a partir del cual se comienza a afectar la preñez de los animales. Cuando analizamos la tasa de preñez y el momento de concepción observamos que las vacas del grupo SP-DT tendieron a tener la peor performance reproductiva, preñándose al final del período de servicios. La probabilidad de las vacas del grupo SSP-DT de concebir fue intermedia, y las más alta para los grupos SSP+DT y SP+DT, y ocurriendo preñeces a lo largo de todo el período de servicios. Es importante destacar que la condición corporal inicial de las vacas era sub-óptima para aplicar cualquier medida que tenga impacto en la eficiencia reproductiva (DT y IATF), lo que explica los bajos porcentajes de preñez en todos los grupos. Además, el número de vacas utilizadas para evaluar variables reproductivas fue limitante. Sin embargo, la hipótesis de que el DT tendría un efecto positivo en la protección del ovocito al estrés térmico, a través del aumento de IGF-I, parecería ser correcta (Soca *et al*., 2014). A pesar de que las vacas del grupo SP+DT estuvieron sometidas a estrés calórico, la aplicación de DT a sus terneros permitió elevar la probabilidad de preñez a valores similares al grupo SSP+DT. Por lo tanto, el efecto del DT sobre la calidad ovocitaria ocurriría en el corto y mediano plazo, protegiendo ovocitos contenidos en folículos antrales pequeños que ovulan asociados al DT y 1-3 ciclos estrales más tarde

(Roth, 2020). Por lo tanto, el DT aplicado alrededor de la ocurrencia de la primera ola de calor del verano, protege ovocitos contenidos en folículos que ovulan en diferentes momentos del período de servicios, mejorando la eficiencia reproductiva de las vacas.

Conclusiones

Concluimos que, a igual asignación de forraje inicial, vacas y terneros pastoreando SSP tienen mejor desempeño productivo que vacas y terneros pastoreando SP, asociado a un mayor confort térmico. La temperatura vaginal de vacas pastoreando SSP es inferior que vacas pastoreando SP, pero asociado al DT, las vacas SSP y SP tienen similar probabilidad de preñez.

Agradecimientos

Agradecemos al Sr. José Luis Dutra da Silveira por brindarnos la oportunidad de realizar éste experimento en su predio. Agradecemos a Sofía Cal, Belén Peretti y Rafaela Irazabal por su apoyo en la recolección de datos en el campo.

Bibliografía

Allen, V.G., Batello, C., Berretta, E.J., Hodgson, J., Kothmann, M., Li, X., ... & Sanderson, M., 2011. An international terminology for grazing lands and grazing animals. *Grass and forage science*, 66(1), 2.

Amundson, J.L., Mader, T.L., Rasby, R.J., Hu, Q.S., 2006. Environmental effects on pregnancy rate in beef cattle. J Anim Sci 84:3415–3420. doi: 10.2527/jas.2005-611

Brown-Brandl, T.M., Eigenberg, R.A., Nienaber, J.A., 2006. Heat stress risk factors of feedlot heifers. Livest Sci 105, 57–68. doi: 10.1016/j.livsci.2006.04.025.

Castaño, F.A., Rugeles, C.C., Betancur, C.A., Ramirez-López, C.J., 2014. Impacto del estrés calórico sobre la actividad reproductiva en bovinos y consideraciones para mitigar sus efectos sobre la reproducción. Rev Biosalud 13, 84–94.

De Rensis, F., Garcia-Ispierto, I., López-Gatius, F., 2015. Seasonal heat stress: Clinical implications and hormone treatments for the fertility of dairy cows. Theriogenology 84, 659–666.

Do Carmo, M., Sollenberger, L.E., Carriquiry, M., Soca, P., 2018. Controlling herbage allowance and selection of cow genotype improve cow-calf productivity in Campos grasslands. Prof Anim Sci 34, 32–41. doi: 10.15232/pas.2016-01600.

Fedrigo, J. K., Santa Cruz, R., Baez, F., V. Benítez, and C. Viñoles., 2019a. Monitoring the vaginal temperature of Hereford , Angus cows and their crosses with Bonsmara during a heat wave in Uruguay. In: X Congreso Internacional en Sistemas Silvopastoriles. pp 1–6.

Fedrigo, J. K., Santa Cruz, R., Benítez, V., Courdin, V., Ferreira, G., Posse, J. P., & Viñoles, C., 2019b. Dynamics of forage mass, air temperature and animal performance in a silvopastoral system of Uruguay. Agroforestry Systems, 93, 2197–2204. https://doi.org/10.1007/s10457-018-0335-2.

IPCC, 2018: Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)].

Mader, T.L., 2003. Environmental stress in confined beef cattle. cattle J Anim Sci 81, 110–119.

Mader, T.L., Dahlquist, J.M., Gaughan, J.B., 1997. Wind protection effects and airflow patterns in outside feedlots. J Anim Sci 75, 26–36.

Mummed, Y.Y., 2013. Correlation between milk suckled and growth of calves of ogaden cattle at one, three and six months of age, east Ethiopia. Springerplus 2, 1–5. doi: 10.1186/2193-1801-2-302.

Nardone, A., Ronchi, B., Lacetera, N., 2010. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. Livest Sci 130, 57–69. doi: 10.1016/j.livsci.2010.02.011.

Pezzopane, J., Nicodemo, M. L., Bosi, C., Garcia, A., & Lulu, J., 2019. Animal thermal comfort indexes in silvopastoral systems with different tree arrangements. *Journal of Thermal Biology*, 79(September 2018), 103–111. https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.12.015.

Quintans, G., Banchero, G., Carriquiry, M., 2010. Effect of body condition and suckling restriction with and without presence of the calf on cow and calf performance. Anim Prod Sci 50, 931–938.

Rodrigues, T.A., Ispada, J., Risolia, P.H.B., 2016. Thermoprotective effect of insulin-like growth factor 1 on in vitro matured bovine oocyte exposed to heat shock. Theriogenology 86, 2028–2039. doi: 10.1016/j.theriogenology.2016.06.023.

Rosselle, L., Permentier, L., Verbeke, G., 2013. Interactions between climatological variables and sheltering behavior of pastoral beef cattle during sunny weather in a temperate climate. J Anim Sci 91, 943–949. doi: 10.2527/jas.2012-5415.

Roth, Z., 2020. Reproductive physiology and endocrinology responses of cows exposed to environmental heat stress - Experiences from the past and lessons for the present. Theriogenology 155, 150–156.

Soca, P., Carriquiry, M., Claramunt, M., 2014. Metabolic and endocrine profiles of primiparous beef cows grazing native grassland. 2. Effects of body condition score at calving, type of suckling restriction and flushing on plasmatic and productive parameters. Anim Prod Sci 54, 862–868. doi: 10.1071/AN13251.

Sollenberger, L.E., Moore, J.E., Allen, V.G., Pedreira, C.G.S., 2005. Reporting forage allowance in grazing experiments. Crop Sci 45, 896–900. doi: 10.2135/cropsci2004.0216.

Sudo, N., Shimizu, T., Kawashima, C., 2007. Insulin-like growth factor-I (IGF-I) system during follicle development in the bovine ovary: Relationship among IGF-I, type 1 IGF receptor (IGFR-1) and pregnancy-associated plasma protein-A (PAPP-A). Mol Cell Endocrinol 264, 197–203. doi: 10.1016/j.mce.2006.10.011.

Thom, E.C., 1959. The discomfort index. Weatherwise, 12(2), 57–61.

Vitali, A., Felici, A., Esposito, S., 2015. The effect of heat waves on dairy cow mortality. J Dairy Sci 98, 4572–4579. doi: 10.3168/jds.2015-9331.

Vizcarra, J.A., Ibañez, W., Orcasberro, R., 1986. Repetibilidad y reproductibilidad de dos escalas para estimar la condición corporal de vacas Hereford. Investig Agronómicas 7, 45–47.

Estimación dasométrica de *Eucalyptus* spp. y contenido de carbono en una parcela bajo sistema silvopastoril

Dasometric estimation of *Eucalyptus* spp. And carbon content in a pot under silvopastoril system

D.J. Santacruz Santacruz[1]; M.I. Díaz Lezcano[1]; C.A. Britos Benítez[2]; J.D. Caballero Mascheroni[2]; M. Vera de Ortiz[1]*

[1]Carrera de Ingeniería Forestal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, Campus de San Lorenzo, Paraguay
[2]Carrera de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, Campus de San Lorenzo, Paraguay
*Autor de correspondência maura.diaz@agr.una.py

Resumen

Los sistemas silvopastoriles son una alternativa sostenible de producción para el sector forestal y ganadero. Pese a que estos sistemas son conocidos, existe escasa información acerca del crecimiento forestal y del carbono almacenado por estos en Paraguay. La investigación fue realizada en la Colonia Volendam en el distrito Villa del Rosario del departamento de San Pedro. Se estableció una parcela de 10.000 m^2, se colectaron datos de las variables dasométricas como área basal, volumen comercial, volumen total, incremento medio anual, biomasa forestal total de una plantación de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* de 5 años de edad con una densidad de plantación de 291 plantas/ha asociada a la pastura *Brachiaria brizantha*. La biomasa fue determinada gracias a la aplicación ecuación alométrica desarrollada para *Eucalyptus* spp. (IPCC 2003), aérea $BA= 1,22 * Dx^2 * H^{0,01}$ y para el cálculo de la biomasa radicular se consideró el 28% de la biomasa aérea (Monkany *et al* 2006), considerándose la sumatoria de ambas para la estimación de la biomasa total. Se colectaron muestras de pastura, muestras de suelo en las profundidades de 0-10 y de 10-30 cm para la determinación de las propiedades físicas y químicas. El carbono de cada uno de los componentes (forestal y herbáceo) fue determinado multiplicando su biomasa por 0,5 y el del suelo considerando el contenido de carbono orgánico y la densidad aparente. De los resultados de la investigación se obtuvieron los siguientes datos, el diámetro a la altura de pecho promedio fue de 18 cm, la altura comercial de 11 m y la altura total fue de 17 m. El área basal de la plantación fue 7,58 m^2/ha, el volumen comercial 38,37 m^3/ha, volumen total 59 m^3/ha y el incremento medio anual de la plantación 11,85 m^3/ha/año. La biomasa forestal total fue 90,2 t/ha, el carbono forestal 45,08 t/ha; la biomasa herbácea 6,6 t MS/ha, carbono herbáceo 3,3 tC/ha; el carbono orgánico en el suelo 28,34 tC/ha y el carbono total en el sistema de 76,72 tC/ha. El suelo registró valores bajos de densidad aparente con valores entre 1,1 y 1,5 g/cm^3,

el pH se encontró ligeramente ácido y el contenido de P, K, Mg y Ca en un nivel bajo. Se puede concluir que la plantación de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* asociada a *Brachiaria brizantha* tiene un crecimiento acorde a los reportes regionales al mismo tiempo permitiendo una buena oferta forrajera, y además constituye un sistema integrado de producción sustentable por los servicios ecosistémicos aportados.

Palabras claves: *biomasa forestal, suelo, pastura, ganado, sistemas integrados.*

Abstract

Silvopastoral systems are a sustainable production alternative for the forestry and livestock sector. Although these systems are known, there is little information about forest growth and the carbon stored by them in Paraguay. The investigation was carried out in Colonia Volendam in the Villa del Rosario district of the department of San Pedro. A 10,000 m^2 plot was established, data on the dasometric variables such as basal area, commercial volume, total volume, average annual increase, total forest biomass of a 5-year-old *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* plantation were collected with a density of plantation of 291 plants / ha associated with *Brachiaria brizantha* pasture. The biomass was determined thanks to the allometric equation application developed for *Eucalyptus* spp. (IPCC 2003), aerial BA = 1.22 * Dx^2 * $H^{0,01}$ and for the calculation of the root biomass, 28% of the aerial biomass was considered (Monkany *et al* 2006), considering the sum of both for the estimation of the total biomass. Pasture samples, soil samples at depths of 0-10 and 10-30 cm were collected for the determination of physical and chemical properties. The carbon of each of the components (forest and herbaceous) was determined by multiplying their biomass by 0.5 and that of the soil considering the organic carbon content and the apparent density. The following data were obtained from the research results, the diameter at the average chest height was 18 cm, the commercial height was 11 m and the total height was 17 m. The basal area of the plantation was 7.58 m^2/ha, the commercial volume 38.37 m^3/ha, total volume 59 m^3/ha and the average annual increase of the plantation 11.85 m^3/ha /year. The total forest biomass was 90.2 t/ha, the forest carbon 45.08 t/ha; herbaceous biomass 6.6 tDM/ha, herbaceous carbon 3.3 tC/ha; the organic carbon in the soil 28.34 tC/ha and the total carbon in the system of 76.72 tC /ha. The soil registered low values of apparent density with values between 1.1 and 1.5 g/cm^3, the pH was slightly acidic and the content of P, K, Mg and Ca at a low level. It can be concluded that the plantation of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* associated with *Brachiaria brizantha* has a growth according to regional reports at the same time allowing a good forage supply, and also constitutes

an integrated system of sustainable production for the ecosystem services provided.

Keywords: *forest biomass, soil, pasture, livestock integrated systems.*

Persistencia de gramíneas forrajeras invernales perennes en sistemas silvopastoriles: dinámica de aparición y mortalidad de macollos bajo árboles de *Eucalyptus spp* y pleno sol

Persistence of winter forage grasses in Silvopastoral Systems: appearance and mortality dynamics of of tillers under *Eucalyptus spp* trees and full sun

C Hernández[1]; L Maneiro[1]; R Santa Cruz[1]; P Bertoncelli[1]; C Viñoles[1]; P González Barrios[1]; J Gonzalez-Tálice[1]; J K Fedrigo[1]

[1]Universidad de la Republica – UdelaR, Facultad de Agronomía.
claudiohernandez1987@gmail.com

Abstract

The present study was carried out with the objective of knowing the dynamics of summer survival of perennial C3 grasses in subtropical environments under a microclimate modified by the tree component. Three species grown in conditions of full sun and silvopastoral systems (SPS) (*Dactylis glomerata, Festuca arundinacea* and *Holcus lanatus*) were evaluated, with the hypothesis that the persistence of C3 summer grasses in SPS depends on the ability of the genotype to adapt to the understory microclimate. Forage species were evaluated under tree treatments: two forests with 20 m wide alleys, oriented North-South (NS), East-West (EW) and full sun. The population density of tillers (tillers.m^{-2}) at the beginning of the summer for *Dactylis, Fescue* and *Holcus* respectively was 1.933, 2.867 and 2.156 in NS; 2.289, 3.044, 2.567 in EW and 3.017, 4.500, 4.667 under full sun. The values for the same variable at the end of the study (March) were 2.633, 1.644 and 22 (NS); 2.056, 944 and 0 (EW); 1.750, 3.317 and 533 under full sun ($P < 0.05$). The results showed that the mortality of Fescue tillers accelerated when the amount of light was reduced. *Holcus* showed higher mortality throughout the summer, with an increase below the forest. *Dactylis* was more persistent below forests, especially in the N-S, showing it could be a promising species for SPS.

Key words: *tillers, Festuca, Dactylis, Holcus, survival.*

Resumen

El presente estudio fue realizado con el objetivo de conocer la dinámica de supervivencia estival de gramíneas C3 perennes en ambientes subtropicales bajo un microclima modificado por el componente arbóreo. Fueron evaluadas tres especies cultivadas en condiciones de pleno sol y sistemas silvopastoriles (SPS) (*Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea* y *Holcus lanatus*), con la hipótesis de que la persistencia de gramíneas C3 de verano en SPS depende de la capacidad del genotipo para adaptarse al microclima

del sotobosque. Se evaluó las especies forrajeras bajo tres tratamientos, dos bosques con callejones de 20 m de ancho, con orientaciones Norte-Sur (NS) y Este-Oeste (EW) y a pleno sol. La densidad poblacional de macollos (macollos.m^{-2}) al comienzo del verano para Dactylis, Festuca y Holcus respectivamente fue 1.933, 2.867 y 2.156 en NS; 2.289, 3.044 y 2.567 en EW y 3.017, 4.500, 4.667 a pleno sol. Los valores para la misma variable al final del estudio (marzo) fueron 2.633, 1.644 y 22 (NS); 2.056, 944 y 0 (EW); 1.750, 3.317 y 533 a pleno sol (P <0,05). Los resultados mostraron que la mortalidad de macollos de Festuca se aceleró cuando se redujo la cantidad de luz. Holcus mostró mayor mortalidad a lo largo del verano, con incremento debajo del bosque. Dactylis fue más persistente debajo de los bosques, especialmente en el N-S, mostrándose una especie promisoria para SPS.

Palabras clave: *tillers, Festuca, Dactylis, Holcus, survival.*

Introduction

The use of silvopastoral systems (SPS) is considered a climate smart agricultural practice, since it represent a strategy to ecological restoration, C sequestration and conservation of water and biodiversity resources, while ensuring agricultural productivity (Ibrahim *et al*. 2010). These systems intentionally combine livestock with trees or other woody perennials and forages on the same unit of land such that mutual benefits to each component arise (Jose *et al*. 2017). Despite the positive microclimatic changes to the understory crops generated by the tree presence, like a thermal buffer effect (lower soil and air temperatures in summer and higher in winter) and the increase in the humidity in the soil (Karki and Goodman 2015), in some situations the reduction of the quantity and quality of solar radiation can compromise their performance. Thus, the spatial arrangement of the trees is a critical aspect determinant of light transmissivity (Jose *et al*. 2017), which constitutes the main limiting resource for pasture growth in these situations. The apparent movement of the sun continuously alters the spatial and temporal projection of the tree shade on the pasture, which is modified by dasometric characteristics of the trees and the orientations of the rows. At medium latitudes, North–South tree lines achieve an homogeneous irradiance of the crop in the alley, with lower intra-annual variability compared to East-West lines (Dupraz *et al*. 2018).

The forage species used in the understory also needs to be adapted to the microclimate environment of a specific system (Jose *et al*. 2017). Some C3 species with moderate shade can maintain relatively productive, since they present physiological characteristics that allow them to maintain high photosynthetic rates under shade (Sage and McKown 2006). *Festuca arudinacea* (tall fescue) and *Dactylis glomerata* are two of the main perennial

species cultivated in agroforestry systems (Peri *et al*. 2002; Mercier *et al*. 2020), being that *Dactylis* has been reported to be more tolerant to shade than other C3 grasses (Peri *et al*. 2002; Mercier *et al*. 2020; Belesky *et al*. 2011). Some experiences in New Zealand and Uruguay also showed the positive tolerance responses of the biannual grass *Holcus lanatus* (Yorkshire fog*)* to shading (Devkota *et al*. 2009; Olmos *et al*. 2011). The general response of the grasses to the reduction in photosynthetic active radiation (PAR) and red:far red ratio (R:FR) under tree canopy include reduced tillering, stem elongation and carbohidrate allocation to shoot over roots (Wherley *et al*. 2005). However, tree canopies can reduce temperature during summer months so that forage heat stress can be alleviated (Jose *et al*. 2017).

In subtropical climates, summers are hot and evapotranspiration generally exceeds rain fall, conditions that can be detrimental for the persistence of cool season grasses (Easton *et al*. 1994). Being that dry summers with high temperatures are expected to be more common in South America due to regional trends of increase in the number of heat waves and droughts (Carril *et al*. 2016), alternatives to improve C3 grasses persistence needs to be implement. Enhancing pasture persistence is crucial to achieve more sustainable grass-based animal production systems (Jáuregui *et al*. 2017), which improves soil cover and its nutrient conservation (Campbell *et al*. 1987) and allows for better primary and secondary productivity, reducing production costs (Parsons *et al*. 2011). Since the tiller survival is one of the main features that enables pasture persistence, the lower temperature and higher humidity (of the soil and the air) prevalent in silvopastoral systems could prevent tiller mortality (and perhaps promote its appearance) during summer. However, the persistence of some C3 grasses depends of a higher tiller density at the end of spring (Jáuregui *et al*. 2017), but tillering is negatively affected by the reduction in PAR and R:FR in silvopastoral systems. In this way, our hypothesis was that summer C3 grasses persistence in SPS is dependent of the genotype capacity to adapt to the understory microclimate generated by trees. The objective of this study was to determine the summer turnover of tillers of *Festuca arundinacea*, *Dactylis glomerata* and *Holcus lanatus* planted under *Eucalyptus spp.* forest with two different row orientations and relate it to the microclimate generated by tree presence.

Materials and Methods

The present study was performed at the municipality of Fraile Muerto, Cerro Largo, Uruguay (32 ° 35'S, 54 ° 15'W). The climate type was described as Cfa according to Köppen's classification (Peel *et al*. 2007) a subtropical humid climate without a defined dry season along the year. The soil texture was clay loam, with percentages of clay, silt and sand of 20.0, 28.0 and 52.0 in open pasture, 28.4, 29.0 and 42.6 North-South forest, and 28.6, 27.6, and 43.8 at

East-West orientation forests respectively, at a 0-20 cm dept. Soil pH was 4.9 in open pasture and East-West forest, and 4.7 at North-South forest. All treatments were fertilized with nitrogen and phosphorus adjusted according to soil analysis.

Clones of *Eucalyptus grandis* x *E. tereticornis* trees were planted in 2009 at 294 trees.ha^{-1} (3.4m within rows and 10m between rows) in two orientations: North-South (N-S forest) and East-West (E-W forest). Trees were pruned in 2013 and thinned in 2018 by alternating removal of entire tree lines, generating a final density of 147 trees.ha^{-1} (3.4 m within rows and 20 m between rows). At age 11, trees had a mean height of 30 m. The control was carried out under the open sky with full sun conditions. The experimental design used for the pasture experiment at each site was randomized complete blocks with three replications, with the treatments being the different forage species. The dimensions of the plots were 20 m x 3.4 m (68 square meters) in the experiments placed under shade, while the plots under full open sky conditions (control conditions) were 5m x 3m (15 square meters).

The three forage species arranged in random plots, were *Festuca arundinácea* Rizar IGP12, *Dactylis glomerata* INIA LE Oberón and *Holcus lanatus* INIA Virtus sown in autumn 2019. In each plot, 3 fixed frames of 0.1 x 0.1m (area 0.01m^2) were located and all the tillers within the frame, which were counted and identified with cables of the same color. This evaluation began in December 2019 and was repeated once a month until April 2020 (5 dates). In each marking, a different color was used (tiller generations).

PAR accumulated in each condition was monitored with PAR quantum sensors (QSOS-PAR, Apogee Instruments) installed in each forest condition, one in the middle of the alley and the other against the row of trees. Soil and air humidity and temperature sensors were also positioned. All these variables plus rain fall were registered under control conditions.

The variables tiller population density (TPD), percentage of survival of the first generation (TS), tiller death rate (TDR) and tiller appearance rate (TAR) were analyzed using a general combined experiment model (Moore and Dixon 2015) using SAS University Edition software (SAS/STAT®, SAS Institute Inc, NC, USA). Treatment means were compared using Tukey's test (α = 5%).

Results

Microclimatic conditions

The light regime was the microclimatic variable that presented the greatest differences between conditions. Within the presence of trees, the PAR was reduced 19 to 52% compared to what the full sun treatment received (Table 1). However, the shading pattern showed differences between the row orientations and month of measurement. In E-W forest the PAR was greater during December and January than N-S forest, but the situation was the opposite in October and from February to May (Table 1). Rows at E-W forest were parallel to the apparent movement of the sun, and that caused more radiation accumulated in the alley over the end of spring with a maximum amount during summer (when the sun was at its highest apparent height) and decreased considerably when autumn begun. In N-S forest, the sun apparent movement was perpendicular to the alley, which generated a high daily variability of radiation, but with less annual variability in relation to E-W forest (Table 1).

Table 1: Mean and standard error for air temperature (°C), soil temperature (°C), soil water content (m^3/m^3) and accumulated photosynthetically active radiation (PAR, $\mu mol/m^2s$) in three different conditions: without trees (Control (C)) and with tree (*E. Grandis x tereticornis*) rows in two different orientations (North-South (N-S) and East-West (E-W)). Standart error values are presented in parentheses.

Variable	Cond.	Month of evaluation							
		Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May
Air temp. (°C)	C	16.5 (0.5)	20.1 (0.4)	21.7 (0.6)	22.8 (0.3)	22.5 (0.6)	22.4 (0.3)	17.3 (0.5)	13.2 (0.6)
	N-S	16.5 (0.5)	19.9 (0.4)	21.6 (0.6)	22.8 (0.3)	22.5 (0.6)	22.4 (0.3)	17.3 (0.5)	13.4 (0.6)
	E-W	16.6 (0.5)	20 (0.4)	21.9 (0.6)	23 (0.3)	22.7 (0.6)	22.3 (0.3)	17.6 (0.5)	14.1 (0.5)
Soil temp. (°C)	C	18.3 (0.4)	23.3 (0.3)	25.8 (0.3)	25.9 (0.2)	26 (0.4)	24.3 (0.3)	19 (0.3)	14.8 (0.3)
	N-S	16.8 (0.4)	20.3 (0.2)	22.1 (0.4)	23.3 (0.2)	23.4 (0.4)	22.7 (0.2)	18.1 (0.3)	14.2 (0.3)
	E-W	16.1 (0.4)	19.5 (0.2)	21.5 (0.4)	22.7 (0.2)	22.2 (0.4)	21.4 (0.2)	17.3 (0.3)	14.1 (0.3)
Soil water content (m^3/m^3)	C	0.35 (<0.01)	0.22 (<0.01)	0.12 (<0.01)	0.07 (<0.01)	0.06 (<0.01)	0.05 (<0.01)	0.08 (<0.01)	0.12 (<0.01)
	N-S	0.26 (<0.01)	0.16 (<0.01)	0.06 (<0.01)	0.04 (<0.01)	0.03 (<0.01)	0.03 (<0.01)	0.04 (<0.01)	0.05 (<0.01)
	E-W	0.22 (<0.01)	0.17 (<0.01)	0.1 (<0.01)	0.08 (<0.01)	0.07 (<0.01)	0.07 (<0.01)	0.08 (<0.01)	0.09 (<0.01)
PAR ($\mu mol/m^2$)	C	30.1 (4.0)	44.4 (4.0)	51.0 (4.0)	48.8 (4.0)	46.7 (4.0)	38.5 (4.0)	25.8 (4.0)	20.6 (4.0)
	N-S	13.4 (2.1)	19.4 (2.1)	23.0 (2.1)	20.7 (2.1)	18.4 (2.1)	14.6 (2.1)	9.2 (2.1)	6.3 (2.1)
	E-W	10.4 (2.8)	19.2 (2.8)	26.5 (2.8)	22.2 (2.8)	16.9 (2.8)	9.7 (2.8)	5.9 (2.8)	4.0 (2.8)

Table 2: Adjusted means and standard error for tiller population density (TPD, tiller m^{-2}) and tiller survival (TS, %) of *Dactylis glomerata*, *Festuca arundinácea,* and *Holcus lanatus* in three different conditions: without trees (Control) and with tree (*E. Grandis x tereticornis*) rows in two different orientations (North-South (N-S) and East-West (E-W)). Standart error values are presented in parenthesis.

Variable	Condition	Specie	Month of evaluation				
			Dec	Jan	Feb	Mar	Apr
Tiller Population Density (TPD, Tiller m^{-2})	Control	Dactylis	3017 (502)	2317 (502)	2600 (502)	2333 (502)	1750 (502)
		Festuca	4500 (502)	4167 (502)	4517 (502)	3967 (502)	3317 (502)
		Holcus	4667 (502)	2500 (502)	1400 (502)	800 (502)	533 (502)
	E-W	Dactylis	2289 (353)	1833 (353)	2422 (353)	2467 (353)	2056 (353)
		Festuca	3044 (353)	2811 (353)	2900 (353)	2356 (353)	944 (353)
		Holcus	2567 (353)	1322 (342)	511 (342)	22 (342)	0 (342)
	N-S	Dactylis	1933 (299)	1689 (299)	2622 (299)	2944 (299)	2633 (299)
		Festuca	2867 (299)	2489 (299)	2411 (299)	1844 (299)	1644 (299)
		Holcus	2156 (299)	933 (299)	422 (299)	22 (299)	22 (299)
Tiller survival (TS, %)	Control	Dactylis		78.2 (0.06)	51.1 (0.06)	36.5 (0.06)	20.7 (0.06)
		Festuca		92.5 (0.06)	85.8 (0.06)	70.6 (0.06)	52.2 (0.06)
		Holcus		57.3 (0.06)	17.1 (0.06)	5.0 (0.06)	2.4 (0.06)
	E-W	Dactylis		80.5 (0.06)	70.7 (0.06)	62.9 (0.06)	46.2 (0.06)
		Festuca		92.8 (0.06)	88.3 (0.06)	64.7 (0.06)	20.8 (0.06)
		Holcus		52.8 (0.06)	15.4 (0.06)	2.0 (0.06)	0.0 (0.06)
	N-S	Dactylis		88.3 (0.06)	85.0 (0.06)	76.8 (0.06)	63.3 (0.06)
		Festuca		87.8 (0.06)	73.5 (0.06)	52.2 (0.06)	43.4 (0.06)
		Holcus		47.5 (0.06)	12.3 (0.06)	0.0 (0.06)	0.0 (0.06)

The average daily air temperature was similar between the different conditions and ranged from 13.2 to 23 (Table 1). Soil temperature registered an average decrease of 2.1 and 2.8°C under the trees in the N-S and E-W forests; respectively, compared to full sun treatment. Soil moisture showed higher values under full sun during spring, and EW higher than NS, with a tendency to decrease in summer for all three conditions. Thus, during summer, EW condition presented similar soil moisture values than full sun pasture (Table 1).

Tiller population density and tiller survival

In the three conditions, significant differences were detected for the TPD between species, date and their interaction (Table 2).

In all conditions, Holcus in December started with its higher TPD values and ended the period with the lowest values (Table 2). TPD was basically composed of the first generation (Figure 1), especially in the treatments under the forest.

Fescue showed the highest TPD between species under full sun in summer and autumn (Table 2). The number of tillers belonging to the first generation and the contribution of the new generations was essential to reach a higher TPD in autumn (in comparison with the other species). The different performances shown between the forests are mainly due to the low TS in E-W at the beginning of autumn (20.8%), and to the limited contribution of the new generations (Figure 1).

Dactylis began the evaluation period with its highest values of TPD under full sun in comparison to forest treatments and ended the period with its highest values under the trees, especially in the N-S orientation. Under the N-S forest, Dactylis showed a survival rate of 63.3% in april, which was the lowest in the period of study. The tillering and low mortality rates were decisive for the construction of the upper TPD at the end of the summer in N-S (Figure 1). The contribution of the new generations of tillers to the TPD under the forest were far more relevant for Dactylis than for Holcus and Festuca (Figure 1). Dactylis was the specie with the highest survival and tiller density in the forest.

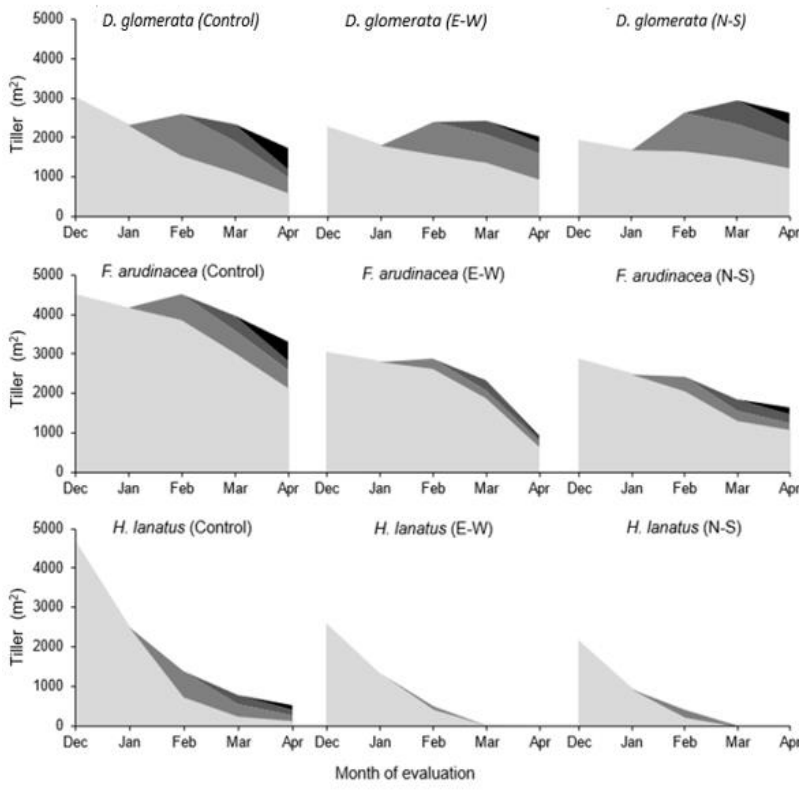


Figure 1. Tiller population density (TPD) of first, second, third and fourth generation (greyscale from lighter to darker respectively) of *Dactylis*, *Festuca arundinácea* and *Holcus lanatus* from January to April in three different conditions: without trees (Control) and with tree (*E. Grandis x tereticornis*) rows in two different orientations (North-South (NS)) and East-West (EW)) (Mean ± SE).

Appearance and mortality rates

The appearance and mortality rates of tillers presented different behaviors according to the condition and the species (Figure 2). Holcus was the specie with highest mortality in the experiment, showing the maximum values in February and March under trees influence (Figure 2). Fescue showed a high mortality rate under the forest, especially in the E-W orientation in March and April. Mortality rate for Dactylis under full sun was higher than under the forest throughout the period, with maximum differences occurred in February (Figure 2).

Dactylis showed the highest values of appearance rate among species. The higher value was detected during the month of February under the forest in the N-S orientation, but it decreased towards the end of the period, while the values under full sun remain stable throughout the experiment. In the E-W orientation the appearance of tillers was always inferior to the other conditions (Figure 2).

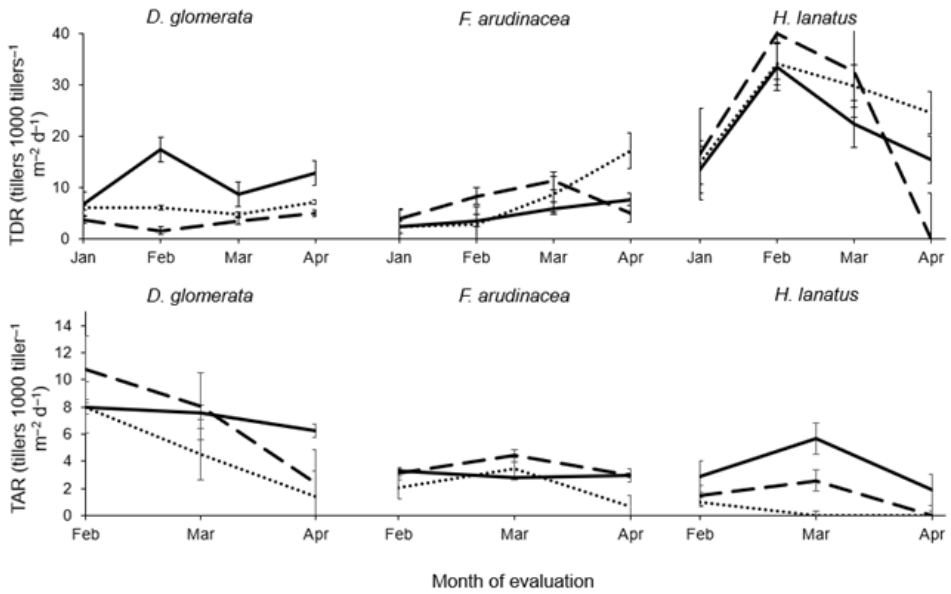


Figure 2. Tiller death rate (TDR) and tiller appearance rate (TAR) for *Dactylis*, *Festuca arundinacea* and *Holcus lanatus* from January to April in three different conditions: without trees (Control (**–**)) and with tree (*E. Grandis x tereticornis*) rows in two different orientations (North-South (**– –**) and East-West (····)) (Mean ± SE).

Discussion

The hypothesis that summer C3 grasses persistence in SPS is dependent on the genotype capacity to adapt to the understory microclimate generated by trees was accepted. *Dactylis* was the specie with the best understory persistence in general terms, explained by the highest degree of tiller survival

and appearance in relation to the control treatment and the other species, especially when tree lines were N-S oriented. *Holcus lanatus* had a high sensitivity to summer conditions independent of the light regimen, but with all tillers dying under arboreal influence and not in control. Fescue showed better tiller surviving and final tiller density in the open environment, but SPS increased tiller death, which compromised their persistence. The response of each specie was associated to the microclimatic conditions present in each situation.

Despite the great distance between rows of trees (20m), the fact that the plantations were mature (with height of approximately 30 meters), significant PAR reductions were found in the different silvopastoral conditions, sufficient to compromise the tillering of some species. The PAR transmissivity was of 41% in N-S and 38% in E-W in relation to full sun treatment (100% of transmissivity) throughout all the experiment. Despite Dactylis be considered highly tolerant to shade (Peri *et al*. 2002), showed sharp decreases in the tiller population density, photosynthetic rate and dry matter accumulation already with 58% of PAR transmissivity by trees. During the summer, the E-W oriented forest received a greater amount of radiation than the N-S forest, but this relationship was reversed for the rest of the year (spring and autumn). Soil temperature was higher in the full sun treatment throughout all the experiment, and no differences were detected between orientations. Soil moisture was higher under the sun during spring; however, the difference was reduced in summer, getting surpassed by the E-W forest. N-S forest maintained the lowest level of water content in the soil throughout all the experiment. This concur with the results obtained in the study by Karki and Goodman (2015) for mature trees, where the soil temperature was higher in full sun treatment during all the experiment, and soil moisture under the SPS was lower than in open pasture (during December and January). The lower PAR availability in E-W during spring (season that showed high soil humidity and milder temperatures that enables a good cool-season grasses performance) may have generated a priority change in the partition of assimilates to the plants aerial part, compromising the capacity of the tillers to survive when soil moisture is low. Indeed, these tillers are subjected to high intensities of solar radiation and temperatures in summer, aspects that have a negative impact on photosynthetic capacity and tiller surviving (Jáuregui *et al*. 2017).

Dactylis ends the summer period with a higher tiller density than at the beginning of the period. Under N-S forest, Dactylis maintained the highest degree of survival of the first generation in relation to the other treatments and to the other species. In this orientation, Dactylis maintained a low mortality rate of them throughout the period and presented the highest rate of appearance of tillers in February (which was slightly superior in N-S forest

than E-W forest). Dactylis appears to keep producing tillers regardless of SPS condition, and subsequent generations can weigh heavily on persistence. Alternatively, Festuca showed less tiller appearance rate under the trees, being this highly related to the limited radiation conditions. References show that in Festuca (Jáuregui *et al*. 2017) the number of tillers present in spring (first generation) was essential for summer persistence and, according to Fernández *et al*. 2004, Festuca under shade has changes in biomass allocation which results in a decrease in carbon allocation to storage organs, thereby reducing the re-growth capacity after herbivory. In the case of *Holcus lanatus*, practically all the tillers present in spring died in summer. Unlike Fescue and Dactylis, Holcus is a biannual specie and its perennialization is determined not only by the survival of tillers (which is generally high during the summer) but also by the production of seeds for the next season and growth. Although the high tiller mortality rate occurred in all situations, some of them were able to survive only in the control treatment, which could help in the persistence of the specie in the following year.

Appearance of tillers rate is better related to full sun regardless of the species. Despite of this, during the month of February, Dactylis showed a high tillers appearance rate under N-S forest, as well as lower tiller mortality, which was manifested in a higher TPD at the end of the period. Duchini *et al*. (2018) showed that for species with functional types classified as conservative growth strategy the persistence is dependent only by the tiller surviving, but those classified as exploitative also depends on the tiller appearance. According to these authors, *Festuca arudinacea* is classified as conservative and *Dactylis* showed a moderately exploitative growth strategy. In the present study, the high tiller density in Fescue at the end of spring (not tiller appearance in summer) contributed to its higher persistence in full sun, which is in accordance to previous works developed in similar climate conditions (Jáuregui *et al*. 2017). Dactylis, on the other hand, achieved a greater degree of adaptation to silvopastoral conditions and performed tiller turnover earlier, which favored its persistence under the trees. The results coincide with the concepts mentioned by Peri *et al*. 2006 and Belesky *et al*. 2011, positioning Dactylis as a species with good performance under moderate shading. In this experiment, the best performance of the species is based on a less mortality through the summer in comparison to a full sun condition.

Conclusions

The results showed that Dactylis was more persistent under the forest, mainly because it presented lower relative mortality rate; and a survival and appearance of tillers rate less susceptible to decreased radiation and soil moisture conditions generated by the forest. The effect was accentuated in

N-S forest due to the higher appearance of tillers during the month of February. The tiller mortality process accelerated when the amount of light was reduced in the case of *Festuca*, while for *Holcus*, the summer conditions caused greater mortality all along, and the process was increased by the presence of the forest. The argumentation of the *Dactylis* performance is based on a lower relationship of tiller mortality to suboptimal light conditions and less relative importance to soil moisture, conditions that were generated under the forest. *Dactylis* appears as a promising species for SPS in terms of summer persistence. This is important, considering that this aspect is key for the longevity of pastures, as well as it is relevant in a context of climate change and adaptation to potential extreme climatic events.

References

Belesky DP, Burner DM, Ruckle JM (2011) Tiller production in cocksfoot (Dactylis glomerata) and tall fescue (Festuca arundinacea) growing along a light gradient. Grass Forage Sci 66:370–380. https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2011.00796.x

Campbell MH, Hosking WJ, Nicholas DA, *et al* (1987) Establishment of perennial pastures. Temp pastures their Prod use Manag

Carril AF, Cavalcanti IFA, Menéndez CG, *et al* (2016) Extreme events in the La Plata basin: a retrospective analysis of what we have learned during CLARIS-LPB project. Clim Res 68:95–116. https://doi.org/10.3354/cr01374

Devkota NR, Kemp PD, Hodgson J, *et al* (2009) Relationship between tree canopy height and the production of pasture species in a silvopastoral system based on alder trees. Agrofor Syst 76:363–374. https://doi.org/10.1007/s10457-008-9192-8

Duchini PG, Guzatti GC, Echeverria JR, *et al* (2018) Experimental evidence that the perennial grass persistence pathway is linked to plant growth strategy. PLoS One 13:1–15. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0207360

Dupraz C, Blitz-Frayret C, Lecomte I, *et al* (2018) Influence of latitude on the light availability for intercrops in an agroforestry alley-cropping system. Agrofor Syst 92:1019–1033. https://doi.org/10.1007/s10457-018-0214-x

Easton HS, Lee CK, Fitzgerald RD (1994) Tall fescue in Australia and New Zealand. New Zeal J Agric Res 37:405–417. https://doi.org/10.1080/00288233.1994.9513078

Fernández ME, Gyenge JE, Schlichter TM (2004) Shade acclimation in the forage grass Festuca Pallescens: Biomass allocation and foliage orientation. Agrofor Syst 60:159–166. https://doi.org/10.1023/B:AGFO.0000013276.68254.78

Ibrahim M, Guerra L, Casasola F, Neely C (2010) Importance of silvopastoral systems for mitigation of climate change and harnessing of environmental benefits. In: FAO. Grassland carbon sequestration: management policy and economics. (ed) Integrated Crop Management v. 11. FAO, Rome, pp 189–196

Jáuregui JM, Michelini DF, Agnusdei MG, *et al* (2017) Persistence of tall fescue in a subtropical environment: tiller survival over summer in response to flowering control and nitrogen supply. Grass Forage Sci 72:454–466. https://doi.org/10.1111/gfs.12252

Jose S, Walter D, Mohan Kumar B (2017) Ecological considerations in sustainable silvopasture design and management. Agrofor Syst 1–15. https://doi.org/10.1007/s10457-016-0065-2

Karki U, Goodman MS (2015) Microclimatic differences between mature loblolly-pine silvopasture and open-pasture. Agrofor Syst 89:319–325. https://doi.org/10.1007/s10457-014-9768-4

Mercier KM, Teutsch CD, Fike JH, *et al* (2020) Impact of increasing shade levels on the dry-

matter yield and botanical composition of multispecies forage stands. Grass Forage Sci 1–12. https://doi.org/10.1111/gfs.12489

Moore KJ, Dixon PM (2015) Analysis of combined experiments revisited. Agron J 107:763–771. https://doi.org/10.2134/agronj13.0485

Olmos F, Sosa M, Balmelli G, Gomar EP (2011) Bd 100. Sistemas agroforestales

Parsons AJ, Edwards GR, Newton PCD, *et al* (2011) Past lessons and future prospects: Plant breeding for yield and persistence in cool-temperate pastures. Grass Forage Sci 66:153–172. https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2011.00785.x

Peel MC, Finlayson BL, McMahon TA (2007) Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. Hydrol Earth Syst Sci. https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007

Peri PL, McNeil DL, Moot DJ, *et al* (2002) Net photosynthetic rate of cocksfoot leaves under continuous and fluctuating shade conditions in the field. Grass Forage Sci 57:157–170. https://doi.org/10.1046/j.1365-2494.2002.00312.x

Peri PL, Moot DJ, McNeil DL (2006) Validation of a canopy photosynthesis model for cocksfoot pastures grown under different light regimes. Agrofor Syst 67:259–272. https://doi.org/10.1007/s10457-005-3825-y

Sage RF, McKown AD (2006) Is C4 photosynthesis less phenotypically plastic than C 3 photosynthesis? J Exp Bot 57:303–317. https://doi.org/10.1093/jxb/erj040

Wherley BG, Gardner DS, Metzger JD (2005) Tall fescue photomorphogenesis as influenced by changes in the spectral composition and light intensity. Crop Sci 45:562–568. https://doi.org/10.2135/cropsci2005.0562

El árbol y sus efectos en el microclima y en la productividad de forraje

The tree and its effects on the microclimate and forage productivity

F Sotelo[1]; N Coore[1]; G Soares de Lima[1]; C Hernández[1]; P Bertoncelli[1]; JK Fedrigo[1]

Universidad de la Republica (Uruguay). PDU Agroforestal (CUCEL).
Ruta 26 km 408, Cerro Largo. 3700

Resumen

El presente trabajo estudió las condiciones microclimáticas resultantes de la presencia de árboles de *Eucalyptus sp.* y la productividad de *Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea* y *Holcus lanatus* en su sotobosque. El experimento se realizó en el departamento de Cerro Largo – Uruguay, de octubre a diciembre de 2019, en cinco condiciones de interferencia arbórea: hileras de 20m de callejón con orientación norte-sur (NS20) y este-oeste (EO20); hileras de 7m norte-sur (NS7) y este-oeste (EO7); y sin interferencia arbórea (control); en un diseño en bloques completos al azar con 3 repeticiones. La radiación fotosintéticamente activa fue inferior en el sotobosque silvopastoril, y presentó valores promedios mensuales crecientes en EO y más estables en NS en el periodo evaluado. La temperatura y la humedad del suelo fueron superiores en el control. La producción de forraje fue superior en control para todas las especies, siendo que *Holcus lanatus* presentó productividad superior en todas las condiciones, a excepción de las hileras de 7m, en que las producciones fueron mínimas para todas las especies. *Dactylis glomerata* y *Festuca arudinacea* no presentaron diferencias significativas entre ellas en términos de productividad en todas las condiciones. Se encontró como patrón de comportamiento que distancias de callejones mayores, determinaron niveles de productividad más altos. Niveles crecientes de interferencia arbórea resultaron también en menores alturas del pasto y densidades volumétricas inferiores, aspectos que deberían ser considerados en la planificación y utilización de esos sistemas.

Palabras clave: *marcos de plantación, radiación fotosintéticamente activa; Holcus lanatus; Dactylis glomerata; Festuca arundinacea; densidad volumétrica.*

Abstract

The present work studied the microclimatic conditions resulting from the presence of *Eucalyptus sp*. trees and the productivity of *Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea* and *Holcus lanatus* in their understory. The experiment was carried out in the department of Cerro Largo - Uruguay, from October to

December 2019, under five conditions of arboreal interference: rows of 20m of alley with north-south orientation (NS20) and east-west (EO20);7m north-south (NS7) and east-west (EO7) rows; and without arboreal interference (control); in a randomized complete block design with 3 replications. Photosynthetically active radiation was lower in the silvopastoral understory, and presented increasing monthly mean values in EO and more stable in NS in the evaluated period. Soil temperature and humidity were higher in the control. Forage production was superior in control for all species, being that *Holcus lanatus* presented higher productivity in all conditions, except for the 7m rows, in which productions were minimal for all species. *Dactylis glomerata* and *Festuca arudinacea* did not show significant differences between them in terms of productivity under all conditions. It was found as a behavior pattern that longer alley distances determined higher levels of productivity. Increasing levels of arboreal interference also resulted in lower grass heights and lower volumetric densities, aspects that should be considered in the planning and use of these systems.

Keywords: *plantation design, photosynthetic active radiation; Holcus lanatus; Dactylis glomerata; Festuca arundinacea; volumetric density.*

Introducción

Uruguay se caracteriza por presentar una superficie cubierta por campo natural mayor al 70%, la cual se utiliza principalmente para la cría de ganado (MGAP, 2011). A finales de la segunda mitad del siglo XX e impulsado por leyes, fue el rubro forestal quien vio un fuerte crecimiento hasta la fecha. El hecho de que exista un marco legal y regulado atrajo capital extranjero. En este contexto, acompasando el crecimiento sostenido de la forestación en el país en los últimos años, las empresas forestales han estimulado la creación de contratos con los productores ganaderos con el fin de que ingresen ganado a las plantaciones forestales para pastoreo y de esta forma disminuya los riesgos de incendios. Existen algunos ejemplos de productores que buscan una integración equilibrada entre la ganadería y la forestación, con el objetivo de atender desde el bienestar animal, producción de forraje, sustentabilidad económica, generando un mayor ingreso en el largo plazo con respecto a la ganadería por sí sola, y además se logra incrementar la productividad del recurso suelo. En esta modalidad, el productor es quien decide de qué manera implementar el componente arboreo, y lo realiza con espaciamientos adecuados para permitir el ingreso de luminosidad al sotobosque, asegurando así la producción de forraje. Según relata Tamosiunas (2015) la adopción de sistemas silvopastoriles, que promuevan la sinergia de sus componentes es baja en Uruguay, siendo que aquellos productores con experiencia silvopastoril, forestan por el convencimiento de los beneficios

para el ganado; mientras que los que no optan por ellos, ven a la forestación como un aumento de costos, sin beneficios a corto plazo.

Una de las características más comunes con respecto a la producción del componente forrajero en un sistema silvopastoril es su variación espacial y temporal, aspecto que es determinado fundamentalmente por el marco de plantación del componente forestal. El diseño de plantación, la especie forestal, las intervenciones forestales y la edad de los árboles son algunos de los factores que determinan variaciones en la acumulación de forraje dentro del sistema. De esa manera, distintos diseños forestales interfieren directamente en la magnitud de competencia entre árboles y pastos por los recursos naturales. A pesar de que la radiación solar disponible en el sotobosque ha sido ampliamente estudiada como el principal factor que interfiere en el desempeño de los cultivos, la competencia por el agua y los nutrientes con los árboles pueden provocar variaciones en el rendimiento (Varella, 2012).

Dentro de este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo determinar la variabilidad de las condiciones microclimáticas (radiación fotosintéticamente activa, temperatura del aire, temperatura y humedad del suelo) resultante de la presencia de árboles del género *Eucalyptus sp*. en distintos marcos de plantación; y las interacciones entre estos en la productividad primaria y modificaciones estructurales (altura, densidad volumétrica) de *Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea* y *Holcus lanatus*.

Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo entre los meses de octubre a diciembre del 2019 en el departamento de Cerro Largo, Uruguay (32°37'10.59"S - 54°28' 2.27"W). El clima es clasificado como Cfa, de acuerdo con la clasificación de Koppen, sin estación seca definida durante el año y con promedio anual de 1400mm de precipitación. Durante el periodo experimental, las precitaciones se mantuvieron levemente por debajo del promedio histórico. El suelo del sitio presenta textura franco arcillosa y valores de pH de 4.9, 7 ppm de fósforo y 4.7% de materia orgánica.

Las especies de gramíneas utilizadas fueron las siguientes: *Dactylis glomerata* cv. INIA LE Oberón; *Festuca arundinacea* cv. Rizar IGP1 2; *Holcus lanatus* cv. INIA Virtus. El componente arbóreo consistió en clones del híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus tereticornis* establecidos en el año 2008. El mismo presento un diámetro a la altura del pecho promedio de 28,2 cm; una altura total promedio de 30,8 m; una altura de tronco de 10,3 m; y una longitud de copa promedio de 20,5 m. Las condiciones de interferencia arbórea fueron: N-S20; N-S7; E-O20; E-O7 y Control. Las parcelas en Control fueron de 3m

x5m. Áreas con interferencia 3,4m x 7m o 20m. El diseño experimental fue un diseño en bloques completamente aleatorizado.

La preparación del sitio consistió en un corte de la pastura existente previo a la siembra a 5 cm, donde posteriormente se realizó una pulverización con herbicida glifosato a una dosis de 4 $l.ha^{-1}$. La siembra (realizada en marzo de 2019) fue directa y se utilizaron las siguientes densidades: *Dactylis glomerata* 12 $Kg.ha^{-1}$, *Festuca arundinacea*, 14 $Kg.ha^{-1}$, *Holcus lanatus* 7 $Kg.ha^{-1}$. Se fertilizó en conjunto a la siembra con 100 $Kg.ha^{-1}$ de 07-40-00 (N-P-K) y 180 días post siembra con 50 $Kg.ha^{-1}$ de urea verde, y 270 días post siembra con 40 $Kg.ha^{-1}$ superfosfato triple 0-46/47-0.

Para medir los parámetros microclimáticos se utilizaron (solamente en el control y con callejones de 20m) sensores de temperatura del aire (sensor: VP-4, Decagon®), temperatura y humedad del suelo (sensor 5TM, Decagon®), radiación fotosintéticamente activa (sensor piranómetroApogee®) acoplados a datalogger (Em50, Decagon®); con frecuencia de medición de 10 minutos. Los muestreos se realizaron a los 210 días post siembra; 240 y 270; utilizando cuadros 50cm x 50cm. Dichas fechas corresponden a los tres meses antes mencionados, los cuales se corresponden con el ciclo de mayor producción de las especies invernales. Se realizaron 3 cortes por parcela para cada especie en los silvopastoriles y 2 cortes en control. Se dejó un remanente de 10 cm el cual simula una situación de pastoreo.

Para el análisis de datos, cada ambiente (marcos de plantación y control) correspondieron a un experimento con un diseño en bloques completamente aleatorizados (tres tratamientos con tres repeticiones). Las comparaciones fueron realizadas por medio del modelo general de experimentos combinados (Moore y Dixon, 2015). El Software utilizado fue SAS University Edition, mientras que los promedios comparados por medio de test de Tukey con un p-valor < 0,05.

Resultados y discusión

El patrón de sombreado mostró diferencias entre las orientaciones de las filas y el mes de medición. En la orientación E-O el RFA fue mayor para diciembre con respecto a la orientación N-S, pero la situación fue contraria en octubre y noviembre. El movimiento aparente del sol permitió que para el caso de las filas de árboles en la orientación E-O, donde el mismo permanece más tiempo sobre el callejón, una mayor radiación acumulada en el mismo durante el final de la primavera y comienzo del verano, y menos en octubre. En el caso de la orientación N-S, las filas de árboles se encuentran perpendiculares al movimiento del sol, lo que genera una mayor variabilidad diaria pero menos variabilidad anual con respecto a E-O. Es necesario remarcar que durante el

período de invierno en la orientación Este - Oeste la radiación solar directa no llegaba al sotobosque, una vez que la inclinación aparente del sol hacia el Norte determina que el dosel forestal intercepte la radiación solar durante todo el día, siendo que solamente radiación difusa llegaba al sotobosque (datos no presentados). Durante todo el año, la orientación NS recibió todos los días radiación directa, a diferencia de EO en que la radiación solar era interceptada mayormente por el componente arbóreo, motivo por el cual se presentaba la condición de sombreamiento en la mayor parte del tiempo.

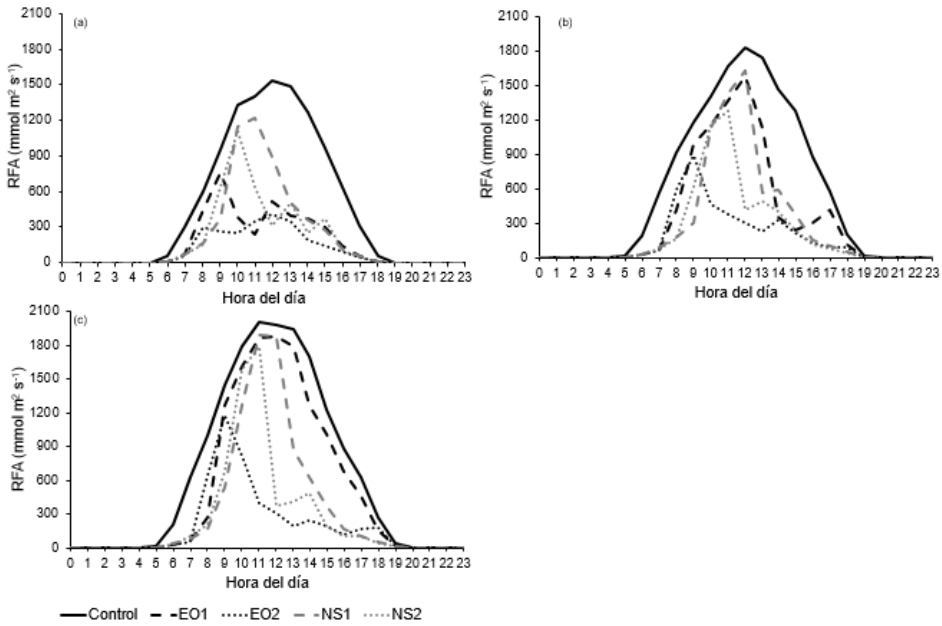


Figura 1. Registro de los valores horarios de radiación fotosintéticamente activa (RFA) para los meses de octubre (a), noviembre (b) y diciembre (c) de 2019. Los datos refieren al promedio 5 días mensuales completamente soleados y encuentran discriminados según la orientación de los experimentos: control (línea negra continua), Norte-Sur (20 m) (línea gris de guiones), Este-Oeste (20 m) (línea negra de guiones), Norte-Sur (7 m) (línea gris punteada), Este-Oeste (7 m) (línea negra punteada).

Los árboles jugaron un rol clave sobre la carga calórica a nivel del suelo, generando que los aumentos temporales de temperatura tanto en las condiciones Norte-Sur como en Este-Oeste ocurrieran en promedio por debajo de los valores del control. Así mismo se observa que la variable presenta valores mayores en la orientación N-S con respecto a E-O. Se registró un incremento progresivo de la temperatura del suelo para las tres condiciones, conforme avanzó la primavera (Figura 2a). El tratamiento control se mantuvo con temperaturas superiores a las registradas en los sistemas silvopastoriles.

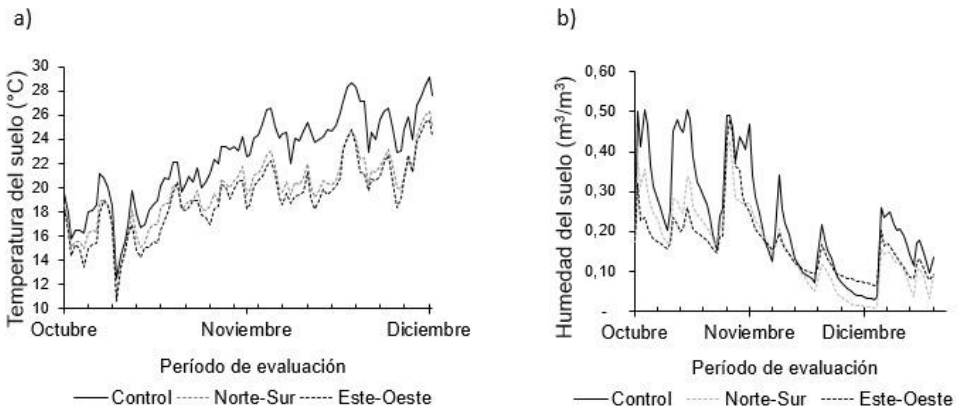


Figura 2. Registro de los valores de temperatura del suelo (a) y humedad de suelo (b) para el período octubre hasta diciembre de 2019. Los datos se encuentran discriminados según la orientación de los experimentos: control (línea negra continua), Norte-Sur (20m) (línea gris punteada) y Este-Oeste (20 m) (línea negra punteada).

La temperatura del aire fue similar en las distintas condiciones, presentando variaciones superiores en el mes de octubre (valores entre 8,6 y 20°C) y se mantuvieron más elevadas para noviembre y diciembre (entre 20 y 25ºC). El mes de noviembre presentó valores más altos de temperaturas mínimas y los valores máximos fueron mayores en diciembre para las tres condiciones.

Los valores de humedad del suelo fueron superiores a pleno sol (Figura 2b). Dichos resultados coinciden con Munka (2017), que verificó que de la precipitación es interceptada por la cubierta forestal, pudiendo ser evaporada o precipitada desde el dosel al suelo, lo cual determinará que el contenido de humedad debajo del dosel sea menor respecto a áreas sin presencia arbórea. La tendencia de esta variable fue disminuir hacia los meses más cálidos para las tres condiciones. En diciembre E-O presentó valores similares a la condición de pleno sol. Considerando la edad de los árboles del sistema silvopastoril estudiado, los cuales son adultos, los resultados coinciden con lo afirmado por Karki y Goodman (2014), que indican que estos árboles tienen una mayor demanda y un sistema radicular más extenso para poder absorber y utilizar el agua disponible en el suelo. De esta manera a pesar de una menor evapotranspiración de la vegetación del sotobosque en comparación con la vegetación a cielo abierto, la demanda de agua será mayor en sistemas silvopastoriles con árboles maduros.

Todas las especies presentaron mayor producción en control (Figura 3). *Dactylis glomerata* presentó 48.4% en N-S 20 m y 76.75% en E-O 20 m, en relación al control. En el caso de *Festuca arundinacea* la producción en N-S 20 m y E-O 20 m fue 48.16% y 55.63% con respecto al control. Por último, *Holcus lanatus,* presentó en relación al control valores de 46.5% en N-S 20 m y 56.71% en E-O 20 m (Figura 3). *Holcus lanatus* presentó una producción superior a las demás especies en control (85.63% y 86,49%), Norte-Sur 20 m

(78.55% y 80.27%) y Este-Oeste 20 m (37.16% y 90.10%). En el caso de 7 m, independientemente de la orientación, la producción es igual para todas las especies.

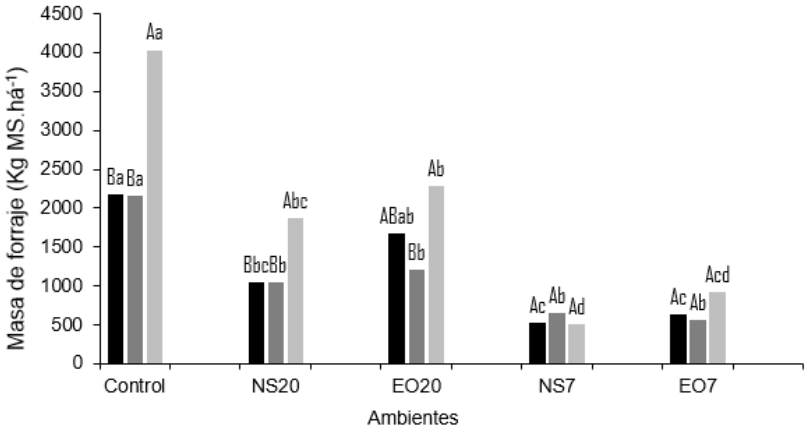


Figura 3. Producción de forraje (kgMS.há$^{-1}$) en función de la interacción ambiente*especie. Los datos se encuentran discriminados según especie: *Dactylis glomerata* (barra negra), *Festuca arundinacea* (barra gris oscura), *Holcus lanatus* (barra gris clara). Letras mayúsculas distintas presentan diferencias estadísticas significativas entre las especies estudiadas dentro de cada tratamiento. Letras minúsculas distintas presentan diferencias estadísticas significativas para una misma especie para los distintos tratamientos. $p<0,05$

Se registró en noviembre una mayor producción de forraje en todas las condiciones. Octubre presentó una alta producción de forraje en control, registrándose una disminución hacia diciembre.

Para todos los meses evaluados, el mayor valor de producción de forraje fue observado en el control. Matthew *et al*. (2001) indicaron que la luz solar y la temperatura afectan la tasa de crecimiento de las especies forrajeras, así como la tasa y tiempo de desarrollo de los estados fenológicos; es por esta razón que el control al no tener la influencia de los árboles logra producir más forraje. En noviembre fueron observados valores superiores de producción de forraje, que se asocia al contenido de agua disponible en el suelo por efecto de las precipitaciones ocurridas y las temperaturas amenas.

Los ambientes que menor producción obtuvieron fueron las condiciones de callejones de 7 metros tanto orientación N-S como E-O sin importar el mes de evaluación, lo que se relaciona con la menor disponibilidad de recursos para crecimiento (humedad del suelo y radiación). Sin embargo, los callejones de 20 metros lograron mejores valores de producción, con picos en el mes de noviembre.

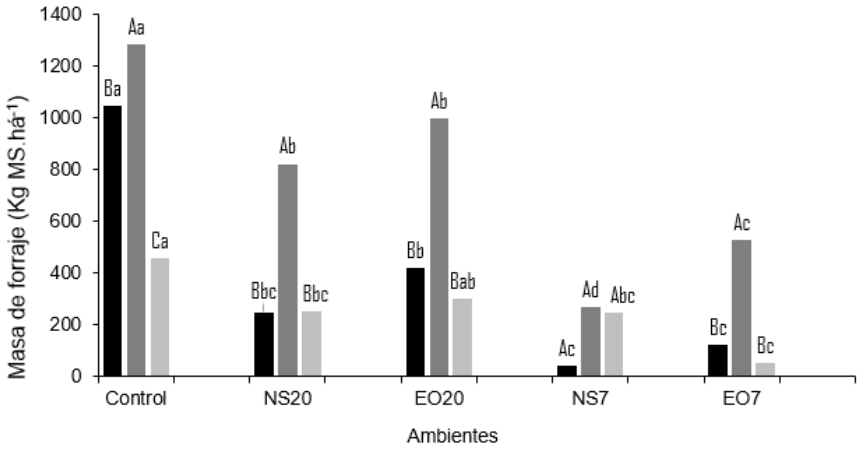


Figura 4. Producción de forraje (kgMS.há$^{-1}$) en función de la interacción ambiente*mes. Los datos se encuentran discriminados según mes: octubre (barra negra), noviembre (barra gris oscura), diciembre (barra gris clara). Letras mayúsculas distintas presentan diferencias estadísticas significativas entre los meses estudiados dentro de cada tratamiento. Letras minúsculas distintas presentan diferencias estadísticas significativas para un mismo mes para los distintos tratamientos. p<0,05

El estudio de la relación entre la altura del pasto (datos no presentados) y la masa de forraje (MF) no demostró diferencias significativas entre las distintas especies y orientaciones de las filas de árboles (Figura 5). Sin embargo, el control presentó densidad volumétrica superior, seguido por los callejones de 20m y luego 7m. La ecuación de correlación correspondiente al control fue la siguiente: MF= -136,6 + 43,2*altura (R^2= 0,46, P<0,01), representando que en cada centímetro de la altura del pasto se encuentran más de 43 kg de materia seca por hectárea. Para los callejones de 20 m la ecuación de regresión MF = -60,7 + 24,5*altura (R^2= 0,40, P<0,01); y para callejones de 7 m fue MF = 31,3 + 12,1*altura (R^2= 0,26, P<0,01).

De manera general, nuestros resultados indican que a medida que la densidad de árboles aumenta, se disminuye la densidad volumétrica. Esto significa que, a menor distancia de callejón o menor entre fila, también será menor la masa de forraje correspondientes a cada cm de altura de pasto. Esta reducción en la densidad volumétrica puede ser explicado por efecto en la cantidad y calidad de luz (relación roja/rojo lejano), e cual puede promover un alargamiento del tallo inhibiendo el macollaje (Casal *et al*., 1987). Garnier y Roy (1988) han informado que la intensidad de la luz reducida y los cambios en la calidad de la luz reducen el macollamiento y por lo tanto es probable que reduzcan el IAF. Altos niveles de sombra alentarán a las plantas a estar más etioladas donde el crecimiento más alto es un esfuerzo por obtener un mayor acceso a la luz disponible en la competencia con plantas vecinas (Peri, 2002). Por lo tanto, al generar modificaciones de distanciamiento entre filas y que esto provoque a su vez disminución en los niveles de luz, provoca los

cambios en la estructura de la pastura y por ende se remite a modificaciones en la densidad volumétrica del forraje.

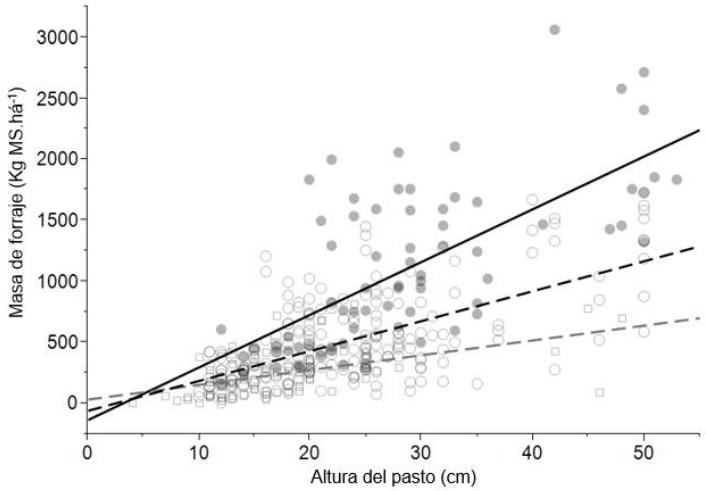


Figura 5. Correlación entre altura del pasto y masa de forraje. Los datos se encuentran discriminados según la densidad de los experimentos: control o densidad 0 (línea negra continua), densidad 20 m (línea negra punteada) y densidad 7 m (línea gris punteada)

Conclusiones

Bajo las condiciones evaluadas, la radiación fotosintéticamente activa (RFA) fue la variable microclimática que presentó las mayores variaciones. La RFA fue inferior bajo interferencia arbórea con respecto a pleno sol, con una diferencia más acentuada en el mes de diciembre. En Norte-Sur la RFA fue poco variable entre los meses, aunque presentó mayor variabilidad diaria. El comportamiento en Este-Oeste fue el contrario. La presencia arbórea también amortiguó los cambios bruscos de temperatura tanto del suelo como del aire, resultando en una menor amplitud térmica con respecto al control. En lo que respecta a temperatura del aire promedio, no se encontraron diferencias entre los ensayos. La humedad del suelo fue superior a pleno sol durante todo el período de evaluación. La misma disminuyó en todas las condiciones hacia el verano.

La producción de forraje fue superior a pleno sol para todas las especies. *Holcus lanatus* presentó mayor producción en relación a las otras especies en todas las condiciones, a excepción al ancho de callejón de 7 metros. *Dactylis glomerata* y *Festuca arundinacea* no presentaron diferencias significativas entre ellas en términos de productividad. Distancias de callejones mayores, 20 metros versus 7 metros, determinaron niveles de productividad más altos. La densidad volumétrica presentó diferencias significativas para la distancia entre hileras y no para la orientación de los experimentos. A menor densidad de plantación, por cada cm de pasto, hay mayor masa de forraje.

Bibliografía

Casal, J., Deregibus, V., Sánchez, R., 1987. Tillering responses of *Lolium multiflorum* plants to changes of red/far-red ratio typical of sparse canopies. Journal of Experimental Botany. 38(9):1432-1439.

Garnier, E., Roy, J., 1988. Modular and demographic analysis of plant leaf area in sward and woodland populations of Dactylis glome rata and Bromus erectus. The Journal of Ecology. 76(3):729-743.

Karki, U., Goodman, M., 2O14. Microclimatic differences between mature loblolly-pine silvopasture and open-pasture. Agroforestry Systems. 89(2):319- 325.

Matthew, C., Van Loo, E., Thom, E., Dawson, L., Care, D., 2001. Understanding shot and root development. (en línea). In: International Grassland Congress (19th., 2001, Sao Paulo). Proceedings. Aberdeen, s.e. pp. 19-27.

MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2011. Anuario estadístico agropecuario 2011. Montevideo. 146 p.

Moore, K., Dixon, P., 2015. Analysis of combined experiments revisited. Agronomy Journal. 107(2):763-771.

Munka, C., 2017. Microclima en sistemas silvopastoriles. En: Viñoles, C.; Fedrigo, J.; Benitez, V.; Santa Cruz.; R. (Eds), Integración ganadería forestación. Melo, Polo Agroforestal. pp. 63-68.

Peri, P., 2002. Leaf and canopy photosynthesis models for cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) grown in a silvopastoral system. Thesis PhD. en Agricultural Sciences. Lincoln, New Zealand. Lincoln University. 291 p.

Tamosiunas, M., 2015. La integración productiva de árboles y ganado en predios familiares: la visión del productor. Agrociencia (Uruguay). 19(1):150-157.

Varella, A., 2012. Características do ambiente luminoso em sistemas silvipastoris e recomendações para o manejo do componente forrageiro nas condições do sul do Brasil. Congresso Florestal Estadual do Rio Grande do Sul (11°., 2012, Nova Prata). Rio Grande do Sul.

Identificación de características distintivas de las unidades productivas ganaderas con bosques en Tierra del Fuego, Argentina

Identification of distinctive characteristics of livestock production units with forests in Tierra del Fuego, Argentina

P. Rodríguez[1]; R.M. Soler[1]; S. Romano[2]*

[1]Centro Austral de Investigaciones Científicas (CADIC-CONICET).*
Houssay 200, (9410) Ushuaia, Tierra del Fuego Argentina. paula.rodriguez@conicet.gov.ar
[2] Universidad Nacional de Tierra del Fuego (UNTDF)

Los sistemas silvopastoriles son sistemas socio-ecológicos complejos. Por lo tanto, es de esperar, múltiples formas de organización técnica y económica de la producción a nivel regional. En Tierra del Fuego (Patagonia Sur), Argentina, se ha propuesto el Manejo de Bosque con Ganadería Integrada como política nacional para asegurar el manejo silvopastoril sostenible de los bosques nativos. El objetivo del presente trabajo es identificar características distintivas de las unidades productivas (UP) ganaderas con bosques en Tierra del Fuego. Se trabajó sólo en establecimientos que contienen bosque (n=76). Se analizaron variables geográficas (latitud, superficie), ambientales (proporción de bosque nativo y sus clasificaciones de conservación) y sociodemográficas (ej, tasa de empleo, población joven-envejecida) a partir de datos de fuentes secundarias (Asociación Rural, Dirección Provincial de Bosques e INDEC). Los datos se analizaron con ANOVAs y test de Tukey ($p<0,05$) considerando las zonas agroecológicas (de norte a sur: estepa, ecotono y cordillera) como principal factor de análisis. Para analizar las relaciones multivariadas entre los factores, se realizó un Análisis de Componentes Principales (PCA) mediante matrices de correlación y la prueba de permutación de Monte Carlo (n = 999) para evaluar la significancia de los ejes. Los resultados demuestran que las UP de la estepa son significativamente más grandes que las de la cordillera (22562 y 7434 ha, respectivamente), mientras que el ecotono presenta valores intermedios. La relación entre bosque en categoría amarillo (aprovechamiento sostenible) y rojo (conservación estricta) es mayor en el ecotono (ratio 5:1) que en la cordillera (1.3:1). Esto significa que las UP del ecotono tienen mayor proporción de bosques con potencial producción sostenible, mientras que las UP de la cordillera deben prestar mayor proporción a la conservación. Esto se ve reflejado en la presentación de Planes de Manejo en los últimos años (2013-2018), ya que el 80% de los mismos corresponden al ecotono. En el PCA, los primeros dos ejes fueron significativos (Eje 1 eigenvalue = 3,169; $p=0,001$ y Eje 2 eigenvalue=3,096, $p=0,001$) (Figura 1). El ordenamiento mostró que las UP de la estepa presentan (i) mayor cantidad de personas por vivienda, (ii) mayor número de hogares sin acceso a agua de red y (iii) más productores afiliados a la Asociación Rural. Al sur existe mayor variabilidad en

(i) la estructura demográfica (proporción de jóvenes o adultos) y (ii) la tasa de empleo. Los mecanismos que explican este ordenamiento exceden el alcance de este estudio. Sin embargo, los resultados demuestran la gran heterogeneidad en las dimensiones tanto geográficas y ambientales como sociodemográficas de las UP. Es necesario incluir la dimensión productiva (existencias ganaderas, rentabilidad) y otras variables socioculturales (estructura familiar) para comprender mejor la diversidad de esquemas productivos. Estas características distintivas dentro de la provincia deberían ser contempladas al momento de aplicar una estrategia nacional a escala provincial y lograr que los planes de manejo atiendan las necesidades y oportunidades en territorio.

Palabras clave: *Sistemas Silvopastoriles, Patagonia, Sistemas Socio-ecológicos.*

Abstract

Silvopastoral systems are complex socio-ecological systems. Therefore, multiple forms of technical and economic organization of production at the regional level are expected. In Tierra del Fuego (South Patagonia), Argentina, Forest Management Integrating? Livestock has been proposed as a national policy to ensure sustainable silvopastoral management of native forests. The objective of this work is to identify distinctive characteristics of the livestock productive units (PU) with forests in Tierra del Fuego. We only considered establishments that contain forest (n=76). Geographical (latitude, surface), environmental (proportion of native forest and its conservation classifications) and sociodemographic variables (e.g., employment rate, young-old population) were analyzed from data from secondary sources (Rural Association, Provincial Forests Office and INDEC). In order to identify distinctive characteristics between PU, ANOVAs and Tukey's test ($p < 0.05$) were carried out considering the agroecological zones (steppe, ecotone and mountain range) as the main factor of analysis. To analyze the relationships between the variables, a Principal Component Analysis (PCA) was performed using correlation matrices and the Monte Carlo permutation test (n = 999) to evaluate the significance of the axes. The results show that the stepp PUs are significantly larger than those of the mountain range (22562 and 7434 ha respectively; $p < 0.05$), while the ecotone presents intermediate values. The relationship between forest in the yellow category (sustainable use) and red (strict conservation) is greater in the ecotone (ratio 5: 1) than in the mountain range (1.3: 1). This means that the ecotone PUs have a higher proportion of forests with potential sustainable production, while the PU of the mountain range should assign a greater proportion to conservation. This is evidenced in the proportion of Management Plans presented to the Forest Office (2013-2018), since 80% of the plans in recent years (2013-18) correspond to the

ecotone. In the PCA, the first two axes were significant (Axis 1 eigenvalue = 3.169; p = 0.001 and Axis 2 eigenvalue = 3.096, p = 0.001) (Figure 1). The ordination showed that the PUs located at North have (i) a greater number of people per household, (ii) a greater number of households without access to mains water, and (iii) more producers affiliated with the Rural Association. There was also a great variability between PUs in the South (i) the demographic structure (proportion of young people or adults) and (ii) the employment rate. The mechanisms that explain this ordination are beyond the scope of this study. However, the results show that PUs are heterogeneous in both their geographical and environmental dimensions as well as socio-demographic dimension. It is necessary to include the productive dimension (e.g., livestock stocks, profitability) and other sociocultural variables (e.g., family structure) to better understand the diversity of productive schemes. These distinctive characteristics within the province should be considered when applying a national policy at the provincial scale to ensure that management plans address the needs and opportunities in the territory.

Key words: *Silvopastoral Systems, Patagonia, Socio-ecological Systems.*

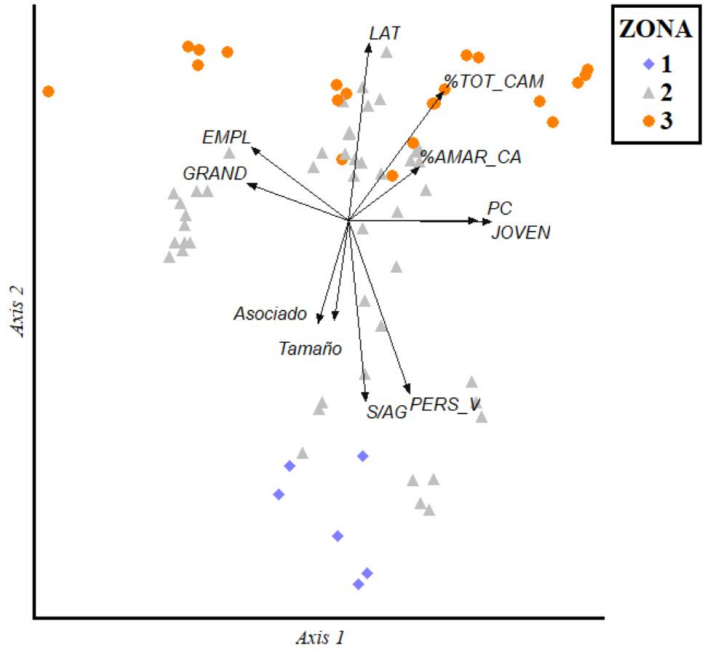


Figura 1: Análisis de Componentes Principales considerando variables geográficas, ambientales y sociodemográficas de las UP ganaderas con bosque en Tierra del Fuego (zona 1 = estepa, zona 2 = ecotono, zona 3 = cordillera).

Figure 1: Principal Components Analysis considering geographic, environmental and socio-demographic variables livestock PU with forest in Tierra del Fuego (zone 1 = steppe, zone 2=ecotone, zone 3= mountain range).

Evaluación económica-financiera de la integración ganadera en plantaciones forestales de álamo en Delta del río Paraná, Argentina

Economic-financial evaluation of livestock integrated in poplar tree plantations in the Paraná river Delta, Argentina

P. Egolf[1]; I. Amaro Benito; J. Ravalli; A. González; L. Faustino; L. Colcombet

[1]INTA-CIEP, Av. Cerviño 3101, CABA 1425, Argentina – egolf.patricia@inta.gob.ar

Resumen

El estudio tiene como objetivo evaluar económicamente un sistema productivo silvopastoril (SSP) como alternativa de diversificación productiva en plantaciones forestales de álamo en la región del Bajo Delta del río Paraná (Argentina). Se analiza la integración de la cría bovina en forestaciones con rotación forestal continúa y escalonada que permitía la generación de ingresos anuales, incluso antes de introducir el SSP. Se estima que la inversión inicial en infraestructura ganadera, maquinaria y herramientas es de 540 US$.ha^{-1}. Adicionalmente, la adquisición inicial del rodeo se calcula en 267 US$.ha^{-1}. En función de la estimación de los flujos de fondos de la actividad silvopastoril para un ciclo de rotación forestal completo de 14 años, en promedio para el caso analizado, aplicando una tasa anual de descuento del 7% y datos productivos reales, el VAN estimado es de 20 US$.ha^{-1} y la TIR de 7,08%. La TIR de la actividad forestal pura, estimada utilizando el flujo de fondos exclusivamente forestal (sin la actividad ganadera), fue 5,6%, para plantaciones de álamos con rotación estabilizada. En ambos casos, se excluyeron los ingresos derivados de los subsidios productivos que recibe actualmente la actividad forestal. La actividad SSP es una alternativa viable para los campos forestales de la región. En el caso analizado, ha permitido la intensificación en el uso de los recursos y diversificación de la producción, aportando mayor retorno económico al establecimiento, que ya disponían de ingresos anuales relativamente estables.

Palabras clave: *VAN, TIR, forestación estabilizada, sistemas silvopastoriles.*

Abstract

The aim of the study is to economically evaluate a silvopastoral system (SPS) as a productive diversification alternative to poplar plantations of Parana river Delta, Argentina. The livestock integrated with poplar forestations that have already achieved a continued rotation that generates yearly incomes even before the SSP was introduced, was analyzed. The initial investment in livestock managing infrastructure, machines and equipment was estimated

at 540 US$.ha^{-1}. Additionally, the initial livestock acquisition was estimated in 267 US$.ha^{-1}. Based on the SPS cash flow on an average 14-year forestation rotation of the study case, with a 7% discount rate on the real productive data collected, the NPV estimated is 20 US$.ha^{-1} and the IRR 7,08%. The pure forestry IRR, without the livestock cash flow on the same stabilized 14 years' poplar model, was 5,6%. In both cases, the subsidies for forestry benefits, have not been taken into account. SPS is a viable alternative to pure poplar forestry managements in the region. In the study case analyzed, it has allowed both an intensification of the involved resources and a productive diversification, creating a higher economic benefit, even on a relatively stabilized yearly forest income tree farm.

Key words: *NPV, IRR, stabilized forestry, silvopastoral systems.*

Introducción

Los Sistemas Silvopastoriles (SSP) constituyen una alternativa de diversificación en el Delta del Paraná que permite un uso más eficiente de los recursos naturales disponibles (Casaubon *et al*., 2017), si se adapta el esquema productivo forestal de modo tal que coexistan la forestación con especies forrajeras nativas o espontáneas de excelente calidad (Quintana, 2014).

La principal actividad productiva de la zona del Delta Bonaerense, Argentina, es el cultivo forestal con salicáceas, sauces (46.155 ha.) y álamos (19.936 ha.). En los últimos años se ha evidenciado la expansión sostenida de la actividad ganadera vinculado, en gran parte, a la adopción de SSP. Las salicáceas representan al tercer grupo de importancia en especies forestales empleadas en plantaciones forestales de Argentina, luego de los pinos y eucaliptos según Borodowski *et al*. (2017).

Casaubon *et al*. (2017) identifican a la zona del Bajo Delta o Inferior por su aptitud pastoril, estimada en 50.000 ha. Esta zona coincide con la que se denomina núcleo forestal del Delta Bonaerense y, por ende, conforma la zona con mayor potencial para la implementación de SSP.

Asimismo, se reconoce el pastoreo bajo plantaciones forestales como una alternativa para esta región que resulta técnica y financieramente factible, por la generación de ingresos a corto plazo y reducción en los costos de control de malezas (Casaubon *et al*., 2017). Al mismo tiempo, la incorporación del ganado a la forestación permite disminuir significativamente los riesgos de incendios forestales (Casaubon E., 2013) y permite la diversificación de riesgos productivos (Cornaglia *et al*., 2019) y de mercado.

En cuanto al componente animal, la forestación ofrece mayor confort al animal (menor estrés ante elevadas y muy bajas temperaturas en comparación a sistemas ganaderos puros) y aportan también recursos alimenticios complementarios (las hojas de las salicáceas son consideradas un recurso forrajero) (Casaubon *et al*., 2017).

El cultivo de álamo tiene como principal destino usos sólidos y una menor proporción se emplea para la elaboración de pasta celulósica. En este sentido, Casaubon et. al. (2017) indican que los manejos silviculturales comúnmente implementados en plantaciones de álamo están orientados mayormente a producir rollizos de diámetros medios y gruesos para usos sólidos (aserrado y/o debobinado). Por consiguiente, se emplean densidades que privilegian el incremento diamétrico antes que el volumen total y que a su vez son más compatibles con la integración ganadera.

Si bien en los últimos años se han publicado diversos análisis económicos relativos a diferentes modelos productivos silvopastoriles de la región, en general estas evaluaciones consideran la implementación silvopastoril en forestaciones que no tienen la rotación estabilizada. Mientras que en otros casos son modelos propuestos y no evaluaciones de sistemas productivos basadas en datos productivos reales. El resultado de la evaluación que se presenta en este trabajo resulta de interés sobre todo para productores forestales que evalúan la decisión de adoptar el sistema agroforestal y que ya tienen establecida una rotación forestal continúa y no tienen certezas sobre cuánto mejoraría la rentabilidad del campo incorporando la ganadería.

El estudio tiene como objetivo evaluar económicamente un sistema productivo silvopastoril como alternativa de diversificación productiva en la región del Bajo Delta del río Paraná y que tiene la particularidad de tener una rotación forestal continúa y escalonada que ya generaba ingresos anuales previo a la introducción del SSP.

Materiales y Métodos

El análisis económico se realizó en función de datos productivos efectivos/reales de un SSP establecido hace 20 años en un establecimiento de la denominada zona núcleo forestal del Bajo Delta del Paraná, provincia de Buenos Aires (Argentina).

La singularidad de este caso es que la actividad forestal ya contaba con una rotación continua y escalonada de la forestación previo a la incorporación de ganadería, esto quiere decir que el sistema productivo se encontraba estabilizado y generaba ingresos anuales con cierta uniformidad a través del tiempo incluso antes de diversificar su actividad productiva.

Se relevó la información necesaria a través de entrevistas presenciales con el productor, recorrida a campo, y la consulta a informantes claves. Además, se empleó información de fuentes secundarias, principalmente relativa a precios de diferentes insumos y productos requeridos en la estimación del flujo de fondos del proyecto. Para el diseño del flujo de fondos se consideraron los egresos e ingresos que genera anualmente la actividad ganadera y el componente forestal en función de la rotación forestal que comprende 17 hectáreas anuales (aproximadamente) en cada etapa de la plantación (desde preparación del terreno hasta el corte final). Se considera una duración del proyecto de 14 años, coincidente con el ciclo forestal, de modo que se logre una rotación completa en el sistema productivo.

El flujo de fondos neto es expresado en dólares y se estima la tasa interna de retorno (TIR) y el valor actual neto (VAN) con una tasa de descuento del 7% anual. La tasa de descuento empleada usualmente para evaluar proyectos forestales varía entre 6% y 12% según la región forestal de Argentina (Ferrere *et al*., 2020; Pernochi A., 2020; Cornaglia *et al*., 2019; Attis Beltran *et al*., 2016), en este análisis se escogió una tasa de interés baja porque el retorno económico de la principal actividad productiva (forestal) se estima significativamente inferior al 7% en la región de estudio sin subsidios productivos.

Perfil del productor y adopción de la actividad silvopastoril

Se trata de una empresa familiar de trayectoria forestal, que decidió adaptar casi un tercio de sus plantaciones forestales de álamo para desarrollar la actividad silvopastoril a partir de la introducción de un rodeo de cría en 2001. El principal motivo de adopción del SSP ha sido aprovechar el pastizal natural existente bajo las forestaciones y reducir las probabilidades de incendios forestales a través de la disminución del volumen del tapiz vegetal (potencialmente combustible) por parte de los animales.

Los propietarios viven en el establecimiento y, tienen a cargo la gestión de la empresa y la administración de las tareas para cada actividad en el predio. Además de la producción silvopastoril, dedican parte de su tiempo a la producción de álamo en parcelas de uso exclusivamente forestal. Disponen de mano de obra permanente que es empleada esencialmente en actividades forestales, mientras que la actividad ganadera es gestionada por los propios miembros familiares. Adicionalmente, dependiendo de la disponibilidad de mano de obra, suelen contratar temporalmente personal para que efectúen las actividades de poda en las forestaciones.

En la actualidad mantienen el tamaño inicial del emprendimiento, pero la carga animal es superior a la que adoptaron en sus inicios. A medida que avanzaron en la implementación fueron ampliando el rodeo bovino y también transformaron algunas hectáreas forestales a lotes de pastoreo exclusivo.

La unidad productiva analizada se compone actualmente de algo más de 400 hectáreas, de las cuales un 77% son propias y el resto corresponden a forestaciones lindantes de terceros, que de común acuerdo son pastoreadas. De esta superficie total, un 18% corresponde a pastizal natural de uso ganadero exclusivo y 8% a forestaciones jóvenes donde aún no ingresa el ganado. En general, se recomienda esperar que las plantas alcancen un buen desarrollo para ingresar por primera vez el ganado y evitar así daños que puedan efectuar los animales a la forestación de álamo (Casaubon *et al*., 2017). En el establecimiento analizado, el ingreso del ganado se efectúa entre el cuarto y quinto año de plantación.

Por otra parte, es muy común que el sistema productivo silvopastoril adopte un enfoque “más forestal” o “más ganadero”, dependiendo de la actividad productiva previa que desarrollaba el productor, además de las condiciones de mercado. Al menos inicialmente, quién implementa este tipo de sistema, favorece aquella actividad en la cual dispone de mayor trayectoria y experiencia productiva. En particular, el sistema agroforestal analizado está constituido por un sistema de cría bovina y plantaciones de álamo orientada a producir principalmente madera de aserrío y, por lo tanto, un manejo que se identifica con un modelo silvopastoril “más forestal”.

Descripción del sistema productivo

La producción cría bovina consiste en un ciclo productivo de 1 año bajo sistema de pastoreo rotativo, en base a un rodeo de raza británica. Además de la venta de terneros y recría de terneras para reposición de vientres, recientemente se implementó la comercialización de vaquillonas para entorar como nueva unidad de negocio. Actualmente están recriando un número mayor de terneras que las que la reposición requiere, con el fin de aumentar el tamaño del rodeo e incrementar la carga animal para aprovechar mejor el forraje disponible.

La estrategia productiva en lotes silvopastoriles es concentrar la parición en invierno para aprovechar la excelente oferta forrajera de la primavera. Dependiendo del desarrollo de la forestación, pueden ingresar animales de recría al tercer año de edad de la plantación o bien entre el cuarto y quinto año. En estos lotes (SSP), se implementa un pastoreo rotativo en función de la oferta forrajera, siguiendo un circuito continúo. La permanencia de los

animales en cada lote oscila entre 3 días (en invierno) y 7 a 10 días (en primavera).

La superficie a cielo abierto se divide en tres potreros, que se pastorean alrededor de 15 días c/u en 3 y 4 ocasiones entre la primavera y el otoño, realizando una clausura invernal.

Aparte de confeccionar anualmente rollos de pasto natural, se suplementa con sal mineral a las vacas en invierno.

Un aspecto importante que se debe mencionar es que las forestaciones de álamo en el Bajo Delta se desarrollan en campos protegidos de las inundaciones por elevación de un terraplén perimetral de las islas (denominado "endicamiento" a imagen de los *polders* holandeses). Esta infraestructura del terreno evita el ingreso de las crecidas prolongadas del río y se complementa con una sistematización interna mediante una red de riego y drenaje constituida por canales principales y zanjas. Los terrenos que cuentan con la infraestructura de canales de agua y el sistema de bombeo, permiten regular el ingreso y egreso del agua del campo según sea necesario, mejorando el crecimiento de los rodales forestales y facilitando el acceso del ganado al agua para beber de las zanjas que atraviesan los diferentes lotes.

El esquema productivo forestal comúnmente empleado en lotes de uso SSP es de 6 m x 5 m. Consiste en una plantación inicial de 330 plantas por hectáreas, sin raleos y un turno de corta promedio de 14 años (esto puede variar, puede que se adelante o atrase el turno final del rodal, según las condiciones de mercados, el estado sanitario de las plantaciones).

En lo que respecta al manejo silvícola, se realizan tres podas a lo largo de todo el ciclo forestal. Una primera poda de formación de fuste entre el primer y segundo año de la forestación, complementada por dos podas sistemáticas con el objetivo de lograr rollizos libres de nudo hasta 6 o 6,5 m de altura. La segunda poda se efectúa entre el tercer y cuarto año removiendo como máximo un 40% del follaje del árbol y, finalmente entre el sexto y octavo año se eleva la poda hasta los 6 o 6,5 m.

Resultados

Información productiva e indicadores

Dada la variabilidad en espacio y tiempo de los resultados productivos, se han considerado datos promedios para estos, tanto del componente ganadero como forestal.

En lo que respecta a la información reproductiva del ganado, los porcentajes de preñez y destete rondan el 92% y 85% promedio respectivamente. La vida útil de las vacas es de aproximadamente 8 años, con una tasa de mortandad del 2%, se considera una reposición de vientres del 12,5% y de toros 20% anual. La carga animal es 0,7 equivalente vaca por hectárea y año, y la producción anual de carne es de 102,7 kg por hectárea.

Tabla 1. Indicadores productivos del SSP.

Principales indicadores productivos	Valor
Proporción de destete (%)	85%
Carga animal media (Equivalente Vaca.ha^{-1})	0,70
Producción de carne (kg.ha^{-1})	102,7
Producción de madera (tn.ha^{-1})	300

En cuanto a la producción forestal, el productor obtiene muy buen rendimiento, atribuible a un buen manejo silvicultural, la optimización del manejo de agua en los lotes y la utilización de material genético seleccionado. El 70% de la madera tiene como destino aserraderos, los cuales están localizados a unos 70 km en la zona urbana de las localidades de San Fernando y Tigre; la proporción restante se vende a la empresa Papel Prensa S.A, que realiza la fabricación de pulpa para papel, ubicada 100 km aguas arriba de donde está el predio.

La comercialización de la hacienda se realiza a través de remates en vivo (transmitidos por canal de televisión), en frigoríficos o el mercado central de hacienda de Liniers. En menor medida, se recurre a consignatarios de hacienda.

Estimación del flujo de fondos

Para la confección del flujo de fondos se emplearon precios vigentes en marzo de 2021, que fueron expresados en dólares americanos al tipo de cambio oficial de la misma fecha (1 US$= 94,7 pesos argentinos).

En relación a las inversiones que inicialmente debió efectuar el productor para convertir la producción forestal en SSP se consideró la siguiente

infraestructura ganadera: mangas y corrales, casilla, toril y alambrados semi-permanentes y móviles. También se estimó la inversión realizada en la báscula y una enfardadora con sus respectivos complementos. Además, se afectó un tercio de la inversión en maquinarias y herramientas forestales porque son de uso compartido con las demás superficies de uso exclusivo forestal que posee la empresa familiar. El total de esta inversión asciende a 540 US$.ha^{-1}. A esta cifra se debe agregar la inversión inicial del rodeo que se estimó en 267 US$.ha^{-1}.

En cuanto a la tierra, se consideró un costo de oportunidad de la superficie ganadera a cielo abierto imputando un costo de alquiler anual de 85 US$.ha^{-1}. Asimismo, se consideró un cuarto de este valor en el caso de las forestaciones que son usadas para pastoreo cerca de tres meses por año y que no pertenecen a la empresa. Dado que el valor del alquiler contempla los alambrados fijos, no se imputó la erogación de esta inversión.

En lo que respecta al valor de la tierra con plantaciones forestales, se consideró como costo de oportunidad el valor de adquisición vigente para terrenos que cuentan con la infraestructura completa y, por este motivo tampoco se consideró la inversión en alambrado permanente que requiere esta superficie.

Adicionalmente, se debe destacar que, al momento de preparar el presente trabajo, la gran mayoría de los terrenos cuentan con la inversión de infraestructura necesaria para manejar el nivel de agua en los campos, consistente en una red de zanjas y canales de desagote de agua, bomba con motor eléctrico (para elevar o bajar el nivel de la napa de agua) y energía eléctrica (transformador trifásico y medidor de energía). Esta inversión es costosa y en general, los campos forestales ya disponen de la sistematización del terreno, porque realizaron la instalación por su cuenta hace ya varios años atrás o bien porque adquirieron los terrenos a un valor superior que incluye estas mejoras.

El valor de la tierra con una infraestructura básica y sin sistematización del campo es de aproximadamente 3.000 US$ la hectárea, mientras que si dispone de la sistematización del manejo del agua, alambrado y caminos asciende en promedio a 4.200 US$ por hectárea. Por lo tanto, se considera la adquisición de la tierra inicial al valor que incluye la infraestructura completa (4.200 US$.ha^{-1}) y la venta por el mismo valor al final de la rotación completa.

A continuación, se detallan los precios de venta empleados en la estimación.

Tabla 2. Precios de venta de productos forestales

Productos forestales	Valor bruto *US$.tn^{-1}*	Flete *US$.tn^{-1}*	Valor Neto *US$.tn^{-1}*
Rollizos destinados a industria de trituración	35	11	24
Rollizos destinada a aserrío (puesto en costa)	38	-	38

La venta de rollos de álamo para aserraderos tiene un precio de US$ 38 la tonelada puesto en costa, y en este establecimiento, el aserradero cubre el costo del traslado hasta la planta industrial. El valor de los rollos destinados a trituración es de US$ 35, a lo que se debe descontar el costo del flete desde la costa hasta la industria, obteniendo el productor 24 US$.tn^{-1}. El diferencial de precios de la madera destinada al aserrío en relación a trituración resulta en +58% superior.

Tabla 3. Precios de venta de bovinos.

Precio del kilogramo vivo de bovinos	*US$.kg^{-1}*
Terneros	2,3
Vaquillonas para entorar (invernada pesada)	2,0
Toros viejos	1,8
Vacas de descarte	1,6

Las estimaciones de las erogaciones contemplaron los siguientes costos ganaderos por hectárea anualmente: costos de los insumos veterinarios, 6,7 US$.ha^{-1}; asesoramiento veterinario, casi 2 US$.ha^{-1}; costo de mano de obra ganadera (incluye el costo de oportunidad de la mano de obra familiar según dedicación a este componente) 32 US$.ha^{-1}; insumos de suplementación y confección de rollos, US$ 9,7 US$.ha^{-1}; reposición de toros, 12 US$.ha^{-1} y casi 11 US$.ha^{-1} de comercialización del rodeo y flete.

En relación a los costos forestales a continuación se detallan las erogaciones forestales según edad de la plantación expresados en US$.ha^{-1}.

Tabla 4. Costos productivos anuales según edad de la forestación (US$.ha^{-1}).

Etapa de plantación	Preparación del suelo	Plantación	Cuidados culturales	Podas	Aprovechamiento	Mano de obra (forestal)
0	272					48
1		128	40	51		48
2			40			48
3			27			48
4			25	70		48
5			14			48
6			14			48
7			14	70		48
8			3			48
9			3			48
10			3			48
11			3			48
12			3			48
13			3			48
14			3		3.330	48

Se debe aclarar que, a excepción de las podas y parcialmente el aprovechamiento, los demás valores no consideran costos en jornales porque se estima aparte el costo de mano de obra según la dedicación del personal permanente forestal y el costo de oportunidad de la mano de obra familiar (incluida la ropa de trabajo y equipamientos de seguridad).

En relación a los costos de preparación del terreno, involucra la tarea de quema de los residuos dispuestos en escolleras o montículos aislados sobre del campo, luego se pasa rastra de discos (también puede usarse el rolo o pisón) y se mantiene el esquema o marco de plantación previo, solo que se combina o desplaza la plantación de modo de evitar la superposición con los tocones. Por último, se contempla el costo correspondiente a los arreglos de zanjas y sangrías (desagües).

El costo de plantación incluye las guías y estacas que son requeridas para la implantación y el material (preferentemente guías) que se repone por mortandad de plantas o fallas, que para este caso suele ser de 6% a 7%.

Para los cuidados culturales se considera el control químico de hormigas desde la preparación del terreno hasta el séptimo año (edad de la plantación), y el control mecánico de malezas con mayor intensidad en los dos primeros años (dos controles anuales) y luego, un control mecánico anual hasta el

ingreso del ganado. En los años posteriores se implementa control químico de malezas únicamente en alambrados.

La poda incluye los jornales requeridos por hectárea e incluye los costos de herramientas, tijerones en la primera poda y serruchos con pértiga en las podas restantes.

Respecto al costo de aprovechamiento se debe aclarar que únicamente se contrata mano de obra para las tareas de corte y apilado, la carga y transporte hasta la costa se realiza con las maquinarias que dispone el establecimiento y emplean mano de obra permanente. De esta manera logran reducir los costos significativamente (empleando mano de obra propia) en comparación a la tercerización del servicio de cosecha (alrededor de 6 US$.tn^{-1}, equivalente a 1.800 US$.ha^{-1})

Finalmente, se consideran los costos fijos relacionados a los gastos de estructura que ascienden a US$ 33 por hectárea.

Indicadores financieros

En función de la estimación de los flujos de fondos detallados, la tasa anual de descuento utilizada y la rotación forestal considerada, se calculó un VAN de 20 US$.ha^{-1} y una TIR de 7,08% para la actividad silvopastoril evaluada. La TIR de la actividad forestal pura, se estimó utilizando el flujo de fondos exclusivamente forestal (sin la actividad ganadera), resultante en 5,6% para plantaciones forestales de álamos con rotación estabilizada. Por ende, la rentabilidad SSP superó a la forestal en un 26%. A su vez, en caso de no contar con una rotación continua y estabilizada, sería el caso de aquel productor que inicia la inversión en la actividad forestal, la tasa de retorno forestal puede reducirse a casi la mitad. Si bien en general se emplea una tasa de descuento mayor al 7% para proyectos forestales, en este caso en particular, se observa que la rentabilidad de la producción forestal de álamo, sin considerar los subsidios a las plantaciones forestales e incluyendo la inversión de la tierra, no logra alcanzar esa tasa de retorno.

Discusión

El componente forestal aporta un poco más del 70% de los ingresos anuales del SSP y el restante es generado por el sistema ganadero de cría. Ello demuestra un enfoque productivo acentuado en la producción maderera.
Este resultado se condice con un SSP “con énfasis en la producción forestal”, lo que se sustenta en la trayectoria productiva de la empresa familiar. Sin embargo, la incorporación de la ganadería aumenta en 1,5% puntos porcentuales la tasa de retorno en relación al aprovechamiento forestal

exclusivo. La actividad SSP es entonces una actividad más rentable que la actividad forestal de la región. En el caso analizado, ha permitido la intensificación y diversificación de la producción con un retorno económico del 7,08%.

No obstante, se debe señalar que la rentabilidad forestal del establecimiento es alta (mayor a US$ 300 de ingreso neto anual) y se estima que supera la rentabilidad promedio de la región cuando no se incluyen como ingresos los subsidios forestales, por lo cual la incorporación de la ganadería en campos con un negocio forestal menos rentable, se vuelve aún más atractivo.

Respecto a la rentabilidad forestal en la cuenca, es oportuno mencionar que el retorno de esta actividad productiva es bajo debido a varios factores:

- los precios de la madera son bajos, aun cuando se trata de madera de calidad;
- por las variaciones de precios y oscilaciones de la demanda, no siempre es posible que, al turno de corta, se comercialice los rollizos al destino para los cuáles se orientó la producción;
- la forma de mejorar la rentabilidad, es minimizando costos, incorporando material genético superior, aplicando esquemas silviculturales que priorizan el crecimiento individual de los árboles, manejando el nivel de la napa de agua y manteniendo o mejorando la infraestructura, lo cual requiere costosas inversiones;
- altos costos de mano de obra y dificultades para conseguir personal temporario;
- rendimientos forestales muy variables, la aplicación de buenas prácticas silviculturales iniciales (etapa de plantación y primeros años de la forestación), óptimo manejo del agua, optimización de la relación sitio-clon, sanidad de las plantaciones y la historia de uso de los campos, influyen sustancialmente en la productividad.

Es importante subrayar también que la rentabilidad forestal es muy sensible a variaciones en el precio de la madera, por lo que la integración de la ganadería permite atenuar el impacto de las oscilaciones en el precio de la madera.

Conclusiones

Los supuestos empleados fueron verificados con el productor entrevistado y también durante la recorrida a campo, por lo que los resultados reflejan la realidad.

La integración del componente ganadero a las forestaciones aporta mayor retorno económico al establecimiento, aun cuando ya disponían de ingresos anuales relativamente estables. Con ello se está logrando aprovechar e intensificar el uso de los recursos y diversificar los riesgos tanto productivos como de mercado. Si el predio cuenta con la infraestructura requerida para manejar el agua y así asegurar una buena producción forestal, que en regla general los campos de la región ya han realizado, la inversión requerida para introducir la ganadería no resulta muy elevada.

Otro activo importante es la contribución desde el punto de vista ambiental de estos sistemas. La complementación de ambas producciones implica una gestión más sistémica del establecimiento, y una necesaria búsqueda de la optimización en el manejo del agua (ingreso y egreso), lo cual contribuye a la mejora la producción de las plantaciones, el desarrollo del pastizal natural, el consumo de agua de calidad del ganado, la ampliación de ambientes con mayor presencia de agua, impulsando a una mayor abundancia de la fauna y flora y la reducción de los incendios.

Agradecimientos

Agradecemos al productor y su familia por recibirnos y colaborar con insumos fundamentales para el análisis efectuado, además de la disposición a continuar el intercambio de información vía comunicación telefónica.

Bibliografía

Attis Beltran, H.; Barroetaveña, C.; Bava, J. E.; Bonino, N. A.; Bulgarelli, L., 2016. Manual de Buenas Prácticas para el manejo de plantaciones forestales en el noroeste de la Patagonia; Ministerio de Agroindustria; 2016; 534.

Borodowski, E.D., 2017. Situación del cultivo y uso de las Salicáceas en Argentina. Quinto Congreso Internacional de Salicácea. Talca, Chile. Disertación. ISSN 1850-3543 (Actas en CD).

Casaubon E.; Gurini L.; López C.; González A. y Madoz G., 2017. Sistemas silvoapícolapastoriles con álamos. En el delta del Paraná. Quinto Congreso Internacional de Salicácea. Talca, Chile. Disertación. ISSN 1850-3543 (Actas en CD).

Casaubon E., 2013. Establecimiento de Sistemas Silvopastoriles: Efecto de la edad del material de multiplicación y manejo del pastoreo con bovinos. Tesis presentada para optar al título de Magister de la Universidad de Buenos Aires, Área Recursos Naturales.

Cornaglia, P. S.; Borodowski, E. D.; Laviero, M. L., 2019. Análisis de los resultados económico - productivos de establecimientos silvopastoriles del delta del Paraná bonaerense (Argentina). Actas X Congreso Internacional de Sistemas Silvopastoril.

Ferrere, P; Signorelli, A.; Cabrini, S., 2020. Análisis productivo y económico de sistemas silvo-apícola pastoriles en el norte de la provincia de Buenos Aires. RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias, vol. 46, núm. 1, pp. 108-115, 2020

Pernochi, A. L. S., 2020. Inversiones en Sistemas Foresto Ganaderos con algarrobo blanco… ¿Una opción financieramente viable para el Centro Oeste de la Provincia del Chaco? Tesis presentada para optar al título de Magister en Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Misiones, Argentina.

Quintana R., Bó R., Astrada E., Reeves C., 2014. Lineamientos para una ganadería ambientalmente sustentable en el Delta del Paraná. Wetlands International. Pp 116.

Efecto de la introducción de *Prosopis alba* en un sistema de pastura pura (*Chloris gayana* cv Finecut) en dos situaciones topográficas sobre los contenidos de carbono orgánico y nitrógeno en el suelo

Effect of the introduction of *Prosopis alba* in a pure pasture system (*Chloris gayana* cv Finecut) in two topographic situations on soil organic carbon and nitrogen contents

N. Banegas; E. Viruel; M. Zimerman y A. Radrizzani.

Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido (IIACS-CIAP-INTA)
Facultad de Agronomía y Zootecnia (FAZ UNT) banegas.natalia@inta.gob.ar

Resumen

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de la implantación de *Prosopis alba* en un sistema con pastura megatérmica en dos situaciones topográficas sobre el contenido de carbono orgánico y nitrógeno en suelo. La evaluación se realizó en el Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido situado en el Chaco Seco argentino, en un sistema pastoril con *Chloris gayana* cv Finecut, en el cual, en el 2017, se implantó *Prosopis alba* (3 x 8 m). Sobre la superficie, se reconocen dos situaciones topográficas: alto y bajo. En un diseño completamente aleatorizado, se tomaron muestras de suelo a tres profundidades:0-20, 20-50 y 50-100 cm previo a la implantación y en 2020. Se determinó carbono orgánico, nitrógeno total y relación C/N. Se realizó análisis de variancia y la prueba Tukey ($p \leq 0,05$) para detectar diferencias entre medias. Tanto en la condición pastoril, como así también luego de la incorporación de los árboles, el sitio alto presentó mayores aportes y tasas de ganancias de C y N en suelo, en los primeros 20 cm de profundidad. No se registraron cambios en la relación C/N del suelo, en ninguno de los sitios evaluados. Estos resultados constituyen un primer avance en la implantación y evaluación de los sistemas silvopastoriles en el Chaco Seco Argentino. Sin embargo, se debe continuar trabajando en los análisis de estos sistemas a largo plazo, particularmente cuando se habla de propiedades de suelo, en las que una gran cantidad de factores (*e.g*. relieve) influyen sobre las respuestas de estas.

Palabras claves: *variables bioquímicas, pastura megatérmica, relieve, sistemas silvopastoriles.*

Abstract

This work aimed to evaluate the effect of *Prosopis alba* introduction on soil organic carbon and nitrogen in a grazing system with *Chloris gayana* cv

Finecut under two topographic positions. This work was carried out at the Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido (INTA) using an experimental grazing system with *Chloris gayana* cv Finecut, in wich, *Prosipis alba* was implanted in 2017 (3x8m). The study area was divided into two sectors with topographic differences: High site and Low site. In a complete randomized design, soil samples were taken in 2017 (before Prosopis implantation), and 2020 (after Prosopis implantation) at 3 depths: 0-20, 20-50 y 50-100cm. We measured soil organic carbon (OC) and total nitrogen (tN), then calculated the C/N ratio. To assess statistically the differences, variance analysis and tukey test were realized. In both years, we observed the highest OC and tN values and increased rates in the High site and the first 20 cm of soil depth. C/N ratios were stable in time and depths. These results are the first steps in evaluating the effects of *Prosopis* introduction on grazing systems in the Dry Chaco Region. Nevertheless, more long-time studies are desirable, particularly in soil properties, where many factors (*e.g*. relief) are acting in their evolution.

Keywords: *biochemical variables, tropical grasses, relief, silvopastoral system.*

Introducción

La producción de ganado es el uso de la tierra más extendido en el planeta, representando una fuente de sustento y crecimiento económico (Thornton *et al*., 2010; Fernández *et al*., 2018). En América Latina y el Caribe, la ganadería vacuna es una de las principales aplicaciones de la tierra (FAO, 2008), y constituyendo una de las principales causas de deforestación en la región (Steinfeld *et al*., 2009). El Chaco Seco es una de las fronteras de deforestación más activas del mundo, siendo la ganadería uno de los principales propulsores (Gasparri y Grau, 2009; Baumann *et al*., 2017; Nasca *et al*., 2020), siendo ello generalmente acompañado por procesos de degradación de suelos, fragmentación de paisajes, pérdidas de biodiversidad y reducción del nivel de ingresos (Alonso, 2011). Sin embargo, la ganadería cuenta con el potencial técnico de disminuir las externalidades negativas, mediante opciones de manejo que intensifiquen de manera sostenible la producción ganadera, promuevan el secuestro de carbono en los pastizales y reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero (Herrero *et al*., 2016; Fernández *et al*., 2018; Nasca *et al*., 2020).

Cobra cada vez más relevancia, el estudio de sistemas producción ganadera capaces de asegurar, por un lado, la provisión de alimentos para una población creciente, y, por otro lado, la sustentabilidad y la conservación de los servicios ecosistémicos. Al respecto, los sistemas silvopastoriles (SSP) fueron promovidos como una alternativa para mejorar la sostenibilidad de la prácticas agropecuarias por los beneficios que tendría la inclusión de árboles

en el secuestro de carbono y nitrógeno, la reducción de emisiones de metano, la creación de hábitats complejos que favorecen la diversidad de plantas y animales, la mejora en las características físicoquímicas y biológicas de los suelos, el incremento en la producción y calidad de las pastura, y el estímulo a la productividad y la diversificación de la producción (Alonso, 2011; Domínguez-Núñez *et al*., 2020).

El desarrollo óptimo de los SSP implica el uso de especies adaptadas a las condiciones del sistema-ambiente y el conocimiento de las interacciones que se producen entre ellas (Pernochi *et al*., 2018). Los SSP de la región del Chaco argentino incluyen a *Prosopis* spp., componente de gran importancia en la estructura arbórea y arbustiva de zonas áridas y semiáridas, destacándose como especie multipropósito y con capacidad de consociarse con pasturas megatérmicas. Es una leguminosa capaz de fijar nitrógeno atmosférico, gracias a la asociación que se produce entre las bacterias del género *Rhizobium* y sus raíces (Gamarra Lezcano *et al*., 2018; Pernochi *et al*., 2018), y de esta manera logra mejorar el contenido de nitrógeno y el desarrollo de la gramínea asociada (Díaz Lezcano *et al*., 2021). Al respecto, varios trabajos señalaron que los sistemas con árboles tienden a diferenciarse de los que poseen sólo pastura, con rendimientos más estables de la misma y valores de proteína bruta mayores (Ibrahim *et al*., 2005; Carvalho *et al*., 2001; Alonso, 2011).

Existen antecedentes sobre la inclusión de esta especie en condiciones marginales para la producción agraria, como en suelos salinos y con presencia de napa freática alta (Navall y Senillani, 2004), con el objetivo de recuperar las mismas a través de la introducción de especies nativas. De modo que resulta importante generar información sobre SSP con *Prosopis* en distintas condiciones ambientales, edáficas, topográficas, a fin de favorecer su adecuada utilización, ya sea para restauración ambiental de áreas degradadas y/o implementación de sistemas sustentables de producción ganadera. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la implantación de *Prosopis alba* en un sistema con pastura megatérmica (*Chloris gayana* cv Finecut) en dos situaciones topográficas sobre el contenido de carbono orgánico y nitrógeno en suelo.

Materiales y métodos

La evaluación se realizó en el Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido (IIACS-INTA, 27°11’34.82” S, 65°14’47.28” O), situado en el Chaco Seco argentino, subregión de la Llanura deprimida salina de Tucumán (Fig. 1a y 1b). El clima es subhúmedo con una estación invernal seca bien definida (abril a octubre). La precipitación promedio de la zona es de 880 mm, con un

coeficiente de variación interanual del 25 %. La temperatura media anual es de 19 °C, con extremos de 25 °C en enero y 13 °C en julio.

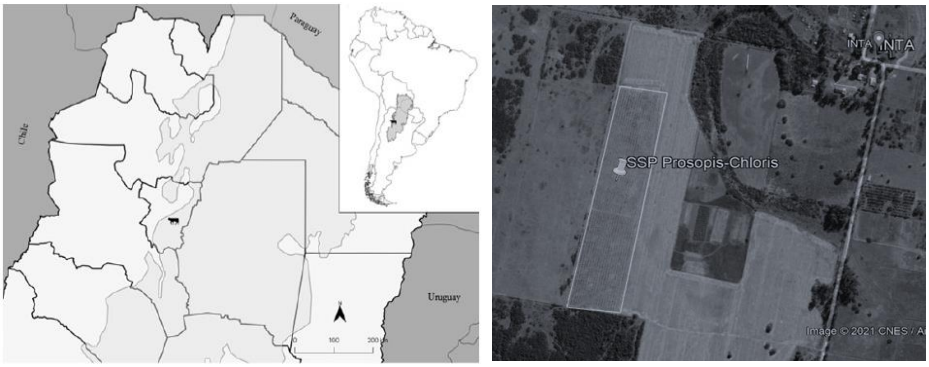


Figura 1a. Ubicación del Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido (Nasca *et al*. 2020). En gris transparente la delimitación del Chaco Seco según Olson *et al*. (2001). 1b. Localización del ensayo.

En enero de 2017 se implantó *Prosopis alba* (Algarrobo blanco, origen Campo Duran, Salta) sobre 12 ha de una pastura existente de *Chloris gayana* (Grama Rhodes diploide cv. Finecut) de 7 años. El marco de plantación fue de 3 x 8 m. En la superficie implantada, se reconocen dos situaciones topográficas marcadas: alto y bajo. En ambos casos, el suelo es un Haplustol fluvacuéntico (Soil Survey Staff, 2014) de textura franco arcillo-limosa, diferenciándose en el drenaje: drenaje imperfectamente drenado (alto) y pobremente drenado (bajo). El diseño fue completamente aleatorizado con cuatro repeticiones. Se tomaron 3 muestras compuestas de suelo por repetición a las profundidades 0-20, 20-50 y 50-100 cm, en dos momentos: enero 2017 (previo a la implantación de los árboles) y en enero de 2020. Las muestras fueron llevadas al laboratorio del IIACS, secadas al aire y tamizadas por malla de 2 mm. En las mismas se determinó carbono orgánico (CO) (Nelson y Sommers, 1982); y nitrógeno total (Nt) por Kjeldhal (Bremmer y Mulvaney, 1982). A partir de estos valores se calculó la relación C/N.

Los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente con el programa INFOSTAT (2008). Se realizó análisis de variancia (ANOVA) y la prueba Tukey ($p \leq 0,05$) para detectar diferencias entre medias.

Resultados y Discusión

Para ambos momentos de muestreo la interacción sitio*profundidad no fue significativa (CO p= 0,21 y p=0,06 para el año 2017 y 2020, respectivamente; Nt p= 0,71 y p=0,064 para el año 2017 y 2020, respectivamente; C/N p= 0,17 y p=0,75 para el año 2017 y 2020, respectivamente), por lo que se analizaron los efectos principales por separado.

En el momento previo a la implantación de los árboles, es decir en el sistema pastoril de *Chloris gayana* cv Finecut de 7 años, no se observaron diferencias significativas entre sitios a la misma profundidad, excepto en 20-50 cm para carbono orgánico (COS), encontrándose mayor contenido en el sitio alto con respecto al bajo (Tabla 1). Sin embargo, los valores COS y Nt en ambos sitios fueron moderadamente bajos a bajos La estratificación del COS y Nt en los sistemas pastoriles ya fue reportado por otros autores (López-Fando y Pardo, 2011; Yang *et al*., 2012; Banegas *et al*., 2020), siendo la misma asociada al mayor ingreso de residuos aéreos y subterráneos, como así también a la mayor actividad biológica en los estratos superiores

Tabla 1. Valores de carbono orgánico (COS), nitrógeno total (Nt) y relación C/N en los sitios alto (Alto) y bajo (Bajo) a distintas profundidades previo a la implantación de los árboles. Valor medio ± desvío estándar

		COS (%)	Nt (%)	C/N
Alto	0-20	0,99±0,07aC	0,07±0,01aC	15,12±0,71aA
	20-50	0,56±0,04bB	0,04±0,003aB	15,2±0,80aA
	50-100	0,19±0,01aA	0,01±0,002aA	13,12±0,76aA
Bajo	0-20	0,81±0,06aC	0,06±0,02aC	12,74±0,78aA
	20-50	0,39±0,06aB	0,03±0,003aB	14,72±0,85aA
	50-100	0,16±0,02aA	0,01±0,0025aA	13,86±0,77aA

Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre sitios para una misma profundidad ($p<0,05$).
Letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas entre profundidades para un mismo sitio ($p<0,05$).

Los valores de la relación C/N fluctuaron entre 13,12±0,76 a 15,2±0,80 para los dos sitios evaluados y todas las profundidades, no registrándose diferencias significativas. La relación C/N es un índice de la calidad del sustrato orgánico del suelo. Indica la tasa de nitrógeno disponible para las plantas; valores altos implican que la materia orgánica se descompone lentamente, ya que los microorganismos inmovilizan el nitrógeno, por lo que no puede ser utilizado por los vegetales; en cambio, valores entre 10 y 14 corresponden a una mineralización y ruptura de tejidos rápida, ya que la actividad microbiana se estimula, hay nutrientes suficientes para los microorganismos y para los vegetales. Además, la relación C/N de bacterias y hongos del suelo es menor a 15, lo que implica que con valores bajos de C/N los microorganismos serán más eficientes en la descomposición de la materia orgánica (Gamarra Lezcano *et al*., 2018).

En la Tabla 2 se presentan los valores de las variables analizadas en el 2020, es decir, tres años después a la implantación de *Prosopis.* Los contenidos de las variables bioquímicas fueron significativamente mayores en los primeros 20 cm de suelo para ambos sitios, no encontrándose diferencias a mayores profundidades (Tabla 2).

Tabla 2. Valores de carbono orgánico (COS), nitrógeno total (Nt) y relación C/N en los sitios alto (Alto) y bajo (Bajo) a distintas profundidades a tres años de la implantación (2020). Valor medio ± desvío estándar

		COS (%)	Nt (%)	C/N
Alto	0-20	1,19±0,05bC	0,11±0,01bC	11±0,91aA
	20-50	0,44±0,04bB	0,03±0,003aB	14,67±0,50aB
	50-100	0,20±0,01aA	0,01±0,003aA	13,97±0,71aAB
Bajo	0-20	0,85±0,07aC	0,06±0,01aC	13,10±0,88aAB
	20-50	0,38±0,04aB	0,03±0,003aB	13,37±0,45aAB
	50-100	0,14±0,02aA	0,01±0,003aA	12,02±0,81aA

Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre sitios para una misma profundidad ($p<0,05$).
Letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas entre profundidades para un mismo sitio ($p<0,05$).

El SSP alto fue el que registró los mayores valores de COS y Nt a mencionada profundidad (1,19±0,05% y 0,11±0,01%, respectivamente), con respecto a SSP bajo (0,85±0,07 y 0,06±0,01, respectivamente). Esta diferencia en el estrato 0-20 cm, posiblemente, esté relacionada con la posición en el relieve del sitio bajo (con una mayor influencia de la napa freática de naturaleza salina de la región). En este sitio, se observó menor producción de la pastura megátermica, como así también un menor desarrollo y tasa de crecimiento de los árboles, lo que podría haber afectado los aportes de residuos al suelo (datos no presentados, en procesamiento para su divulgación). Bertram (2018) menciona que Grama Rhodes es una especie que puede aprovechar los aportes de agua freática cuando ésta se encuentra cercana a la superficie (menos de 75 cm), siempre que la misma presente bajo tenor salino. Por lo que, en estos ambientes, Grama Rhodes lograría sobrevivir, pero sostendría consumos de agua y producciones de biomasa muy bajos. De igual manera, Senilliani *et al*. (2020) reportaron que el crecimiento de *Prosopis alba* se ve condicionado negativamente por encima de un umbral salino, alterando la productividad de las masas forestales.

A su vez, en mencionada profundidad, se observó un incremento significativo en los contenidos de COS y Nt para el sitio SSP alto en el 2020 con respecto al inicio (2017). En este sentido, el efecto del cambio de uso de suelo sobre estos indicadores, y por ende la incorporación de árboles del género *Prosopis,* en estos primeros tres años de evaluación, se pueden observar en el estrato superficial del suelo.

Dicho incremento pudo estar relacionado con las interacciones benéficas que se pudieran presentar con la presencia de los árboles y arbustos de leguminosas en los sistemas con pasturas megatérmicas (gramíneas), que se traducen en un aumento del reciclaje de nutrientes por el retorno al suelo de hojas, frutas, ramas, excretas, y de la actividad biológica del suelo (Alonso, 2011). Según Lok (2006), los árboles en SSP cumplen funciones ecológicas de

protección del suelo, mejorando la fertilidad física del mismo, e incrementando los valores de materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico y la disponibilidad de N, P y K. A su vez, otros estudios señalan una mayor disponibilidad y aprovechamiento de los nutrientes del suelo por parte de la pastura, lo que favorece la producción de materia seca (Alonso, 2011), y con ello los aportes para la formación de materia orgánica.

En el 2017 a 0-20 cm de profundidad, los sitios presentaron 12,9 ±1,7 y 10,7±1,2 Mg de C para SSP alto y SSP bajo, respectivamente; mientras que, en el 2020 a la misma profundidad, los valores fueron de 15,6±2,8 y 11,3±1,3 Mg de C para SSP alto y SSP bajo, respectivamente. Esto significó, para ese estrato, una tasa de ganancia de 0,9 Mg de C/año en SSP alto y de, 0,2 Mg de C/año para SSP bajo. En cuanto al N, al inicio del ensayo, los sitios presentaron en los primeros 20 cm de suelo 0,9±0,12 y 0,9±0,17 Mg de N para SSP alto y SSP bajo, respectivamente. Posterior a la implantación de *Prosopis*, los valores fueron de 1,5±0,39 y 0,9±0,1 Mg de N para SSP alto y SSP bajo, respectivamente. Por ende, en esta profundidad, la tasa de ganancia en SSP alto fue de 0,2 Mg de N/año, mientras que este valor se mantuvo estable en SSP Bajo.

Estas diferencias en los sitios evaluados, pudo estar relacionado a las diferencias ya mencionadas en la productividad de las especies vegetales en los sitios de estudio. Es decir, que la posición en el relieve influyó en la producción y el desarrollo del árbol (*Prosopis*), como así también de la gramínea (*Chloris gayana* cv Finecut), consociada. La relación C/N, en este segundo muestreo, se mantuvo para todas las profundidades y sitios, entre valores de 11±0,91 a 14,67±0,50, lo que nos permite inducir que existe una alta tasa de mineralización y liberación de nutrientes para los microorganismos del suelo y las plantas (Gamarra Lezcano *et al.*, 2018). Las reservas de CO y Nt, para una misma masa de suelo, previo a la implantación de los árboles, SSP alto fue de COS de 63,13 Mg de C/ha, y de 4,23 Mg de N/ha, mientras que para el 2020, estas reservas se incrementaron a 63,95 Mg de C/ha y 4,86 Mg de N/ha, para una misma masa de suelo. En el SSP bajo, el stock inicial de CO fue de 50 Mg de C/ha, y 3,62 Mg de N/ha, mientras que luego de la implantación se registró un valor de 50,63 Mg de C/ha, y 3,62 Mg de N/ha, manteniéndose este último estable.

Conclusiones

El presente trabajo es una primera aproximación al estudio del efecto de implantación de *Prosopis alba* en sistemas silvopastoriles en el Chaco Seco Argentino en dos situaciones topográficas sobre variables bioquímicas (Carbono orgánico y nitrógeno del suelo, relación C/N). Luego de tres años de evaluación, el sistema silvopastoril ubicado en una posición más elevada del

relieve presentó mayores aportes y tasas de ganancias de C y N en suelo, encontrándose las mismas en los primeros 20 cm de profundidad. No se registraron cambios en la relación C/N del suelo, en ninguno de los sitios evaluados.

El estudio debe tener continuidad en el tiempo, ya que, por un lado, las dinámicas de estos elementos en el suelo, requieren evaluaciones a largo plazo dado la gran cantidad de factores que influyen sobre las mismas (*e.g.* relieve), y sus interacciones. Por otro lado, los silvopastoriles son sistemas que requieren de cierta inversión para su implementación, por lo que es de esperar que su permanencia en los sistemas productivos esté diseñada a largo plazo, con manejos que pueden cambiar durante su desarrollo.

Bibliografía

Alonso, J., 2011. Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 45,107-115.

Banegas, N., Dos Santos, D.A., Guerrero Molina, F., Albanesi, A. Pedraza, R., 2020. Glomalin contribution to soil organic carbon under different pasture managements in a saline soil environment. Archives of Agronomy and Soil Science 1-15.

Baumann M., Israel C., Piquer-Rodriguez M., Gavier-Pizarro G., Volante J.N., Kuemmerle T., 2017. Deforestation and cattle expansion in the Paraguayan Chaco. Regional Environmental Change 17, 1179-1191.

Bertram, N., 2018. Implantación, establecimiento y producción de grama rhodes en ambientes con limitantes. III Jornada Nacional Forrajeras Tropicales, Publicación Miscelánea 3:29-39.

Bremmer, J.M., Mulvaney, C.S., 1982. Nitrogen total. En: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R., (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part 2. American Society for Agronomy, Madison. pp. 371-378.

Carvalho, M.M., Xavier, D.F., Alvim, M.J., 2001. Uso de leguminosas arbóreas na recuperação sustentabilidade de pastagens cultivadas. En: Carvalho, M., Alvim, M., CarNEIRO, J., (Eds.), Sistemas Agroflorestais pecuarios: opcoes de sustentebilidade para areas tropicais e subtropicais, Juiz de Fora, Embrapa Gado de Leite, Brasilia, FAO, pp. 189-204.

Díaz Lezcano, M., Gamarra Lezcano, C., Vera de Ortiz, M., Santa Cruz Estigarribia, A., 2021. Contenido de nitrógeno en suelos de sistemas silvopastoriles de *Prosopis spp*. del Chaco Central paraguayo. Revista Cubana de Ciencias Forestales 9, 226-240.

Domínguez-Núñez, J.A., Anriquez, A.L., Silberman, J.E., Kunst, C., Albanesi, A.S., 2020, Efficient Use of Soil in Silvopastoral Systems of Native Forests. En: Kumar, S., Meena, R.S., Jhariya, M.K., (Eds.), Resources Use Efficiency in Agriculture, Springer, Singapore, pp. 481-518.

Fernández, P.D., Nasca, J.A, Gasparri, N.I., Banegas, N.R., Jobbágy, E., 2018. Abordando los balances de carbono de sistemas del chaco seco argentino. Silvopastoriles. Actas IV Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Villa La Angostura, Neuquén. Argentina.

Gamarra Lezcano, C., Díaz Lezcano, M., Vera de Ortíz, M., Galeano, M., Cabrera Cardús, A., 2018. Relación carbono-nitrógeno en suelos de sistemas silvopastoriles del Chaco paraguayo. Revista mexicana de ciencias forestales 9, 4-26.

Gasparri N.I., Grau H.R., 2009. Deforestation and Fragmentation of Chaco Dry Forest in NW Argentina (1972-2007). Forest Ecology and Management 258, 913-921.

Herrero, M., Henderson, B., Havlík, P. *et al.* Greenhouse gas mitigation potentials in the livestock sector. Nature Clim Change 6, 452–461.

Ibrahim, M., Villanueva, C., Mora, J., 2005. Traditional and improved silvopastoral systems and their importance in sustainability of livestock farms. 2005. En: Mosquera-Losada, M. R., (Ed.), Silvopastoralism and Sustainable Land Management. Wallingford, Oxfordshire, UK: CABI Publishing, pp. 13-18.

Lok, S., 2006. Estudio y selección de indicadores de estabilidad del sistema suelo-planta en pastizales en explotación. Tesis de Doctor. Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba, pp. 120.

López-Fando, C., Pardo, M., 2011. Soil carbon storage and stratification under different tillage systems in a semi-arid region. Soil & Tillage Research 111, 224–230.

Nasca, J., Banegas, N., García Posse, F., Martín, A., Della Rosa, M., Molina, A., Fernández, P., 2020. Evaluación productiva y de emisiones de gases de efecto invernadero en dos sistemas de cría bovina contrastantes del Chaco Seco argentino. Revista Agronómica Noroeste Argentino 40, 13-22.

Navall, M., Senillani, M., 2004. Crecimiento y calidad maderera de plantaciones de Prosopis alba Gris. (algarrobo blanco) en el Área de Riego del Río Dulce, provincia de Santiago del Estero. Actas XIX Jornadas Forestales de Entre Ríos, Argentina.

Olson D.M., Dinerstein E., Wikramanayake E.D., Burgess N.D., Powell G.V.N., Underwood E.C.,2001. Terrestrial ecoregions of the world: a new map of life on Earth. Bioscience 51, 933-938.

Nelson, D., Sommers, L., 1982. Methods of soil analysis. En: Page A. (Ed.), Agronomy 9. ASA. SSSA. pp 539.-579.

Pernochi, L., Atanasio, M., Verdoljak, J., 2018. Diferentes esquemas de sistemas silvopastoriles implantados con material selecto de *Prosopis alba*. Actas IV Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Villa La Angostura, Neuquén. Argentina.

Senilliani, M.G., Bruno, C., Brassiolo, M., 2020. Factores edáficos y su impacto en la altura dominante en plantaciones de *Prosopis alba.* Madera y bosques 26, e2632054.

Soil Survey Staff. 2014. Keys to soil taxonomy. 12th. Washington (DC): USDA-Natural Resources Conservation Service.

Steinfeld, H., Gerber P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., de Haan, C., 2009. La larga sombra del ganado. Problemas ambientales y opciones, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación, Roma, Italia, pp. 464

Thornton, P.K., Herrero, M., 2010. Potential for reduced methane and carbon dioxide emissions from livestock and pasture management in the tropics. Proceedings of the national academy of Science USA 107,19667–19672.

Yang, X., Ren, W., Sun, B., Zhang, S., 2012. Effects of contrasting soil management regimes on total and labile soil organic carbon fractions in a loess soil in China. Geoderma 177-178, 49-56.

Vegetation structure of livestock landscapes with silvopastoral systems in the Amazonian region of Caquetá, Colombia

Estructura vegetal de paisajes ganaderos con sistemas silvopastoriles en la región amazónica de Caquetá, Colombia

K Castaño-Quintana[1,2]; M Dallimer[1]; D Williams[1]; J Chará[2].

[1]University of Leeds, Leeds, United Kingdom; [2]CIPAV, Carrera 25 No. 6-62, Cali, Colombia.
karen@fun.cipav.org.co

The Caquetá Department is part of the Amazonian region of Colombia, and it is located in the south of the country. Caquetá is characterized by having livestock production as the principal agricultural economic activity where pastureland is the main land cover. The use of agroforestry practices that integrates trees and shrubs with crops and/or animals into production systems is an alternative to livestock production in places as Caquetá Department, where conventional livestock systems have deteriorated the environment over time. Agroforestry such as Silvopastoral Systems also deliver ecological benefits as the improvement of vegetation structure, and in consequence, the provision of ecosystem services. Vegetation, for example, can delay precipitation through canopy interception and prevent flooding and soil erosion. The structure of vegetation improves microhabitats utilized by other organisms such as reptiles, small mammals, birds, or insects. In this context, the objective of this work was to assess the vegetation structure in silvopastoral systems and other land-use systems in livestock landscapes in the Caquetá region. Fieldwork was conducted in the municipality of Belén de los Andaquíes, in Caquetá Department. Six squares of 600m x 600 m were sampled through stratified sampling across Belén de los Andaquíes municipality. Four plots of 10 x 10 m were situated in each strata, separated at least 10 meters from each other. In total, 24 plots were evaluated. The allocation of plots in each strata was proportional to the land cover information of each strata, which was determined through satellite images and the QGIS software. Five different land-use systems were evaluated: tree alleys, scattered trees in pasture, copoazu crops *Theobroma grandiflorum* (Malvaceae), forest, and pasture without trees. Vegetation structure was measured using the method described by Calle *et al.*, (2013) using the variables: ground cover, canopy cover, soil protection and vertical structure of the vegetation where the leaf density index was estimated. To test whether vegetation structure measures differ across the different land-use systems, we compared the six places of the 600x600 squares with regression analyses and separate ANOVAs for each place and system. We tested normality through Shapiro–Wilk Tests of the residuals of all variables. All data were analysed with RStudio, Version 4.1.1. Overall, the vegetation structure measures showed significant differences in some of the land-use

systems (F= 34.83, df=16, p < 0.005) and the most complex structure was found in natural habitats, followed by copoazu crops and tree alleys. The results of these studies showed that the implementation of tree alleys in the cattle ranching systems improve the vegetal structure complexity. In addition, the conservation of natural habitats and the integration of crops into the livestock are important factors for providing a complex vegetal structure in the livestock landscape in Caquetá Department.

Keywords: *Vegetal structure, agroforestry systems, canopy cover, leaf density index, natural habitats.*

El departamento de Caquetá forma parte de la región amazónica de Colombia y está ubicado en el sur del país. Caquetá se caracteriza por tener la ganadería como principal actividad económica agropecuaria de la región, donde los suelos están cubiertos principalmente por pastos. El uso de prácticas agroforestales que integren árboles y arbustos con cultivos y/o animales en los sistemas productivos es una alternativa a la producción ganadera convencional que, en lugares como el departamento del Caquetá, ha deteriorado el medio ambiente a lo largo del tiempo. Sistemas agroforestales como los silvopastoriles aportan beneficios ecológicos como la mayor estructura de la vegetación y, en consecuencia, la provisión de servicios ecosistémicos. La vegetación, por ejemplo, puede amortiguar la caída de la lluvia y de esta manera evitar inundaciones o la erosión de los suelos por escorrentía, y la estructura vegetal puede mejorar los microhábitats utilizados por otros organismos. En este contexto, el objetivo de este trabajo fue evaluar la estructura de la vegetación en sistemas silvopastoriles y otros usos del suelo en paisajes ganaderos de Caquetá. El trabajo se realizó en el municipio de Belén de los Andaquíes, en el departamento de Caquetá. Se muestrearon seis cuadrículas de 600 m x 600 m mediante un muestreo estratificado y en cada estrato se ubicaron cuatro parcelas de 10 x 10 m, separadas al menos 10 metros entre sí. En total, se evaluaron 24 parcelas. La asignación de parcelas en cada estrato fue proporcional a la cobertura del suelo de cada estrato, que se determinó a través de imágenes satelitales y el software QGIS. Se utilizaron cinco usos del suelo: árboles en franja, árboles dispersos en potreros, cultivos de copoazú *Theobroma grandiflorum* (Malvaceae), bosque y pasturas sin árboles. Se muestrearon parcelas de 10x10 metros mediante un muestreo estratificado en cada uso del suelo. Se utilizó el método descrito por Calle *et al*., (2013) empleando las variables: cobertura del suelo, cobertura de dosel, protección del suelo y estructura vertical de la vegetación con el índice de densidad foliar. Para comprobar si las medidas de estructura diferían entre los diferentes usos del suelo, comparamos los seis cuadrantes de 600x600m y los usos de suelo con modelos de regresión y ANOVAs. Se comprobó la normalidad de los residuales de todas las variables mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Todos

los datos se analizaron con el programa RStudio, versión 4.1.1. Las medidas de estructura vegetal mostraron diferencias significativas en algunos de los usos del suelo evaluados ($F = 38.91$, $df= 5$, $p < 0.005$) y la estructura vegetal más compleja se encontró en los bosques, seguida por los cultivos de copoazu y árboles en franjas. Los resultados de este estudio revelan que la implementación de árboles en franjas en los sistemas ganaderos mejora la complejidad de la estructura vegetal. Además, la conservación de los hábitats naturales y la integración de cultivos en la ganadería son factores importantes para proporcionar una estructura vegetal compleja en el paisaje ganadero del departamento del Caquetá.

Palabras clave: *estructura de la vegetación, sistemas agroforestales, cobertura de dosel, índice de densidad foliar.*

Variabilidad de los resultados financieros de sistemas silvopastoriles con algarrobo blanco, que parten desde ganadería y forestación pura en función de cuatro situaciones

Variability of the financial results of silvopastoral systems with white carob, starting from livestock and pure forestry based on four situations

L. Pernochi; L. Colcombet; P. Egolf; M. Atanasio.

Estación Experimental INTA Sáenz Peña, Chaco, Argentina. CP 3700.
pernochi.lorena@inta.gob.ar

Resumen

Los sistemas silvopastoriles (SSP) con plantaciones de algarrobo blanco (*Prosopis alba*) se destacan como una opción productiva muy promisoria para la región chaqueña. Conocer el aspecto financiero teniendo en cuenta diferentes contextos es necesario para promoverlos. En el presente trabajo, se evaluó la viabilidad financiera de dos modelos SSP bajo plantaciones de *Prosopis alba* (SSP 1 y SSP 2). Se utilizó la metodología de evaluación con/sin proyectos comparándolos con sistemas forestales y ganaderos puros. La rentabilidad financiera fue definida a partir de los indicadores financieros: valor actual neto (VAN) y tasa interna de retorno (TIR), teniendo en cuenta cuatro contextos diferentes, construidos en base a nuevos conocimientos entre 2017 y 2021: 1)modelo de ganadería pura construido con una serie real de producción de pastura; 2.ganancias de pesos(animal) individuales mayores en los sistemas silvopastoriles que a cielo abierto; 3)el mayor ritmo de crecimiento de nuevos materiales genéticos disponibles de algarrobo; y4)mejores precios para los rollizos proveniente de plantaciones. Los SSP son rentables financieramente en las situaciones planteadas ya sea partiendo desde ganadería o forestación pura. ElSSP 2 (árboles dispuestos en doble hilera espaciada 14 m.) se presenta como más competitivo que el SSP 1 (configuración en macizo). Los resultados obtenidos bajos las nuevas condiciones analizadas son alentadoras ya que arrojan rentabilidades positivas. Es importante avanzar con las investigaciones para mejorarlos y propiciar la difusión de los resultados de los aspectos analizados en el trabajo de extensión.

Palabras claves: *evaluación financiera, rentabilidad, Prosopis alba, modelos.*

Abstract

Silvopastoral systems (SPS) under white carob (*Prosopis alba*) plantations stand out as a promising productive option for the Chaco region. It is

necessary to understand the impact of different situations to promote them. The present work evaluated, the financial viability of two SPS models under *Prosopis alba* plantations (SPS 1 and SPS 2). The evaluation methodology with/without projects was used, comparing them with pure forestry and livestock systems. The financial profitability was determined from the financial indicators: net present value (NPV), and internal rate of return (IRR), taking into account four different contexts, based on new knowledge constructed between 2017 and 2021: 1, the pure livestock model was built with a real pasture production series; 2, higher individual animal weight gains under SPS compared to open sky systems; 3, the heir growth rates of the new selected carob planting materials and 4, heir lumber prices. SPS 1 and 2 are financially profitable for the pure cattle and forestry systems. The SPS 2 (trees arranged in a double row spaced 14 meters apart) is more competitive than SPS 1 (solid configuration). The obtained results are promising as they show positive returns. It is essential to advance with the investigations to improve them and promote their dissemination through the extension activities.

Keywords: *financial evaluation, profitability, Prosopis alba, models.*

Introducción

En la provincia del Chaco la especie *Prosopis alba* (algarrobo blanco) es una especie emblemática no solo por su representatividad en los montes chaqueños sino por los múltiples usos que tiene. Particularmente su madera es muy utilizada para la producción de muebles y aberturas. De los 257.960 m^3consumidos en aserraderos en la provincia del Chaco en el año 2015, el 44% corresponde a la especie algarrobo blanco, proveniente casi en su totalidad del bosque nativo (Ministerio de Agroindustria, 2018).

El algarrobo blanco se promociona en la República Argentina para ser utilizado en plantaciones forestales con fines de producción de madera. Esta especie se complementa muy bien con la ganadería en planteos silvopastoriles. Algunas características que la hacen muy adecuada para estos fines, además de los aspectos mencionados de su madera son: es un árbol pionero, adaptado para crecer en suelos salinos y degradados. También fija nitrógeno atmosférico que puede ser aprovechado por otras plantas como las pasturas; su copa beneficia con su sombra tanto al ganado en los calores estivales como a las pasturas que sufren menos los rigores climáticos y aporta materia orgánica y nutrientes, y sus frutos de alto valor proteico pueden ser un complemento alimenticio para el ganado, (Demaio *et al*., 2002).

En la provincia del Chaco, (Argentina), en los últimos años algunos productores han incorporado sistemas silvopastoriles (SSP) que surgieron como propuestas técnicas a partir de ensayos de diversas instituciones e

iniciativas privadas. Estos integran plantaciones forestales de algarrobo blanco, pasturas implantadas y ganado bovino principalmente (Jornadas Forestales, 2009; Dirección de Forestación, 2012).

El desarrollo de estos sistemas genera ingresos anuales (la ganadería) y a mediano y largo plazo (productos madereros, otros), y propicia la diversificación productiva. Por otra parte, estos sistemas atenúan las oscilaciones del tiempo climático (temperaturas extremas y cambios bruscos son los que más afectan al animal). Esto es de primordial importancia en la región Chaqueña que presenta una alta variabilidad ambiental (Karlin *et al*., 1994).

Analizar como varía la viabilidad financiera de estas prácticas consideradas amigables con el ambiente y poder hacer visible las condiciones en que pueden generar beneficios financieros contribuirá a su adopción. Por otra parte, al ser relativamente reciente la implementación de estos sistemas en la región, aún existen muchos aspectos en cuanto a combinación de los componentes, manejos y rendimientos que están siendo estudiados. Los resultados de estas investigaciones pueden contribuir a mejorar las rentabilidades de los sistemas.

El objetivo de este trabajo fue evaluar ajustes a la viabilidad financiera en función de modelos previos de dos SSP con algarrobo blanco implantado en contextos diferentes.

Materiales y Métodos

El estudio se desarrolló para el centro oeste de la Provincia de Chaco, (Argentina). El clima es subtropical, marítimo en la región este y subtropical continental con estación seca invernal y lluvias concentradas en verano en la región oeste. La temperatura media del mes más cálido (enero) varía entre 27 ºC y 28 ºC y la media del mes más frío (julio) oscila entre 14 ºC y 15 ºC. El balance hídrico tiene valores negativos de hasta 10 a 12 meses del año (Codutti, 2003). Las características ambientales que definen a la región chaqueña y que son claves para su manejo son las siguientes:

- Altas temperaturas estivales que alcanzan máximas mayores a 40ªC.
- Régimen de lluvias fuertemente estacional, con más del 80% de las precipitaciones concentradas en el verano (octubre a abril). Esto implica la existencia de una estación seca bien definida, que tiene una duración de dos meses en el Este y hasta siete en el Oeste.
- Sequías e inundaciones, algunas de ellas prolongadas.

En el área de estudio predominan suelos de clase III y IV, suelos que son aptos para agricultura con limitaciones o riesgos moderadas y severos respectivamente.

En base a dos modelos de sistemas silvopastoriles con la especie algarrobo blanco, cuya viabilidad financiera fue evaluada en una tesis de maestría (Pernochi, 2020), fueron planteadas diferentes situaciones utilizándose la metodología con y sin proyectos propuesta por Gittinger (1982).

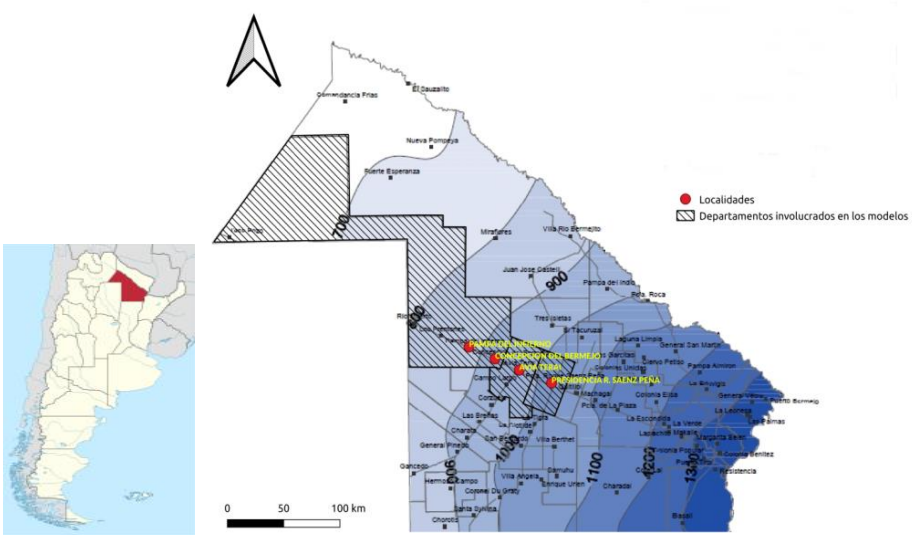


Figura 3. Ubicación geográfica, división política de la Provincia del Chaco y área donde se desarrollan los modelos. Fuente: Instituto Geográfico Nacional República Argentina.

A continuación, se presenta un resumen de los SSP (Tabla 1 y 2) y los sistemas puros evaluados por Pernochi (2020), que se constituyen en la línea de base para la evaluación de las situaciones de este trabajo. Estos modelos fueron construidos a partir de fuentes primarias y secundarias.

En el marco de la tesis de maestría, estos modelos fueron evaluados siguiendo la metodología con y sin proyectos propuesta por Gittinger (1982). Siendo las situaciones con proyecto los sistemas silvopastoriles y las situaciones sin proyecto los sistemas ganaderos y forestales puros. Para ello se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones y supuestos: a) el periodo total del flujo de caja se definió en función del turno final de corte de las plantaciones de algarrobo (25 años); b) se identificaron parámetros de producción y gastos para las situaciones “con proyecto” y “sin proyecto”, c) se estimaron ingresos y gastos; d) los precios de ventas de los productos ganaderos, forestales se expresan como precios puestos en el campo; e) se consideró una inversión en capital de trabajo, integrada por el capital necesario para cubrir los gastos directos y de estructura del primer año. Esta inversión de capital de trabajo se devuelve al final de la vida útil del proyecto. El capital de trabajo incremental se determinó como la diferencia de los

gastos directos y los gastos de estructura del año considerado y el anterior; f) El flujo de caja se expresó en dólares estadounidenses (1US$ = 17,66 $argentinos, noviembre de 2017). En proyectos agrícolas-ganaderos-forestales se utilizan tasas entre un 10 y 12 %. En este trabajo se definió una tasa del 10 % para utilizar en estas evaluaciones.

Tabla 1. Modelos ganadero y forestal puro a partir de los cuales se valuaron los sistemas.

Sistema ganadero	Sistema forestal
Pastura: Gattonpanic Producción: 8.261 kg de Ms/ha/año Control de maleza y leñosa	Plantación de algarrobo blanco Densidad inicial 625 plantas/ha. Distanciamiento inicial 4x4m..
Raza Bradford Peso inicial:160 kg Peso final: 360 kg	Manejo 1 poda de formación y 3 podas sistemáticas. Raleos: 3
Manejo: Pastoreo rotativo con suplementación y calendario sanitario completo	Corta Final Edad: 25 años Densidad final: 149 árboles/ha.

Tabla 2. Modelos de sistemas silvopastoriles evaluados como línea de base.

Sistema Silvopastoril 1	Sistema Silvopastoril 2
Componente Forestal: plantación de algarrobo Densidad inicial: 476 árboles/ha Distanciamiento inicial: líneas simples3x7 m Manejo: podas y 4 raleos Densidad final:93 árboles/ha	**Componente Forestal:** plantación de algarrobo Densidad inicial: 456 árboles/ha Distanciamiento inicial: Líneas apareadas2,5 x 4 x 14 m. Manejo: podas y **3** raleos Densidad final: 107 árboles/ha
Componente forrajero inicial: alfalfa Producción de fardos Cuatro primeros años	**Componente forrajero inicial:** alfalfa Producción de fardos Dos primeros años
Componente forrajero y ganadero Forraje: Gattonpanic Componente ganadero: recría Bradford	**Componente forrajero y ganadero** Forraje: Gattonpanic Componente ganadero: recría Bradford

La rentabilidad de la inversión de los sistemas silvopastoriles fue estimada a partir de los indicadores financieros VAN y TIR. Estos indicadores se calcularon considerando los modelos de SSP, situación “con proyecto” versus los modelos “sin proyectos”, de esta manera los indicadores calculados fueron indicadores incrementales. Los resultados obtenidos por Pernochi (2020), que constituyen la línea de base de este trabajo muestran que las inversiones en SSP con la especie algarrobo blanco presentaron resultados variables en cuanto a su viabilidad financiera. La inversión de instalar SSP a partir de plantaciones forestales fue financieramente factible para ambos modelos, SFG 1 y SFG 2. (VAN incremental 9.025 US$, TIR 16% y VAN incremental24.525 US$, TIR 19% respectivamente). Cuando la inversión se realizaba a partir de un modelo de ganadería pura, el modelo SS2 fue viable

financieramente (VAN incremental 2.558 U$S, TIR 10%)mientras que el modelo SFG 1 no fue rentable (VAN incremental -12.115 US$, TIR 7%).

El análisis de sensibilidad determinó que las variables más sensibles eran el precio y la producción de la carne (variaciones entre 3 y 5% de estas variables provocaron cambios en las rentabilidades de los sistemas). Las variables precio y producción de la madera fueron menos sensibles, ya que era necesario una disminución del 15% para que se produjeran cambios en la rentabilidad.

A partir de estos resultados, en el presente trabajo se plantearon variaciones sobre/actualizaciones delos supuestos básicos de alguna de las variables más sensibles. Se trabajó, por una parte, con nueva información en el marco del avance sobre las investigaciones en estos sistemas y, por otro parte, se establecieron aspectos que no fueron planteados en los modelos básicos. Se calcularon los valores de VAN y TIR incrementales para los dos sistemas silvopastoriles bajo los nuevos supuestos. En la situación 1, los modelos silvopastoriles parten desde un modelo ganadero puro construido a partir de una serie real de producción de pastura. En la situación 2, la ganancia de peso diaria es un 10% mayor bajo SSP respecto que a cielo abierto[13].En las situaciones restantes se plantean y discuten cuestiones relacionadas al precio de la madera y a la mejora de los materiales genéticos en plantación.

Resultados y discusión

Situación 1: Evolución real de la producción forrajera en el tiempo

En esta primera situación evaluada la producción de pastura del modelo ganadero puro es una serie de producción variable año a año en función de mediciones realizadas en el área de estudio. Uno de los supuestos del modelo de ganadería pura en la línea de base era que la producción de pastura implantada se mantiene constante (8.261kgMS/ha/año), del año 1 al año 25. Si bien este planteo facilita la modelación, los rendimientos de pastura tienen variaciones anuales que van de ligeras a importantes dependiendo de diferentes factores como las condiciones de tiempo climáticas. ¿Qué pasa con la rentabilidad incremental cuando se parte de un modelo ganadero construido a partir de producciones de pastura variables anualmente?

[13]Fuente: Ensayo SSP INTA-IIACS-Leales presentado por Ing. Zoot. Javier Lara *et al* en curso silvopastoril para alumnos de la carrera de agronomía de la UNaM (noviembre 2020), la especialización en manejo de pastizales de la Escuela de Postgrado Alberto Soriano de la UBA (marzo/2021) y la capacitación para la Asociación de Criadores de Brahman-Junior Argentina (Julio/2021).

Tabla 4: Producción anual de pastura y precipitaciones anuales, Pampa del Infierno Chaco.

Años	Pastura kgMS.ha^{-1}.año^{-1}	Precipitación mm.año^{-1}
2008-2009	6.981	726
2009-2010	10.524	1.256
2010-2011	5.490	718
2011-2012	2.556	577
2012-2013	8.068	526
2013-2014	18.005	1.211
Promedio	**8.604**	**836**
DS	5.315	318
CV	62%	38%

DS: desvío estándar. CV: Coeficiente de variación.
Fuente: Chiossone *et al* 2014.

El primer escenario evaluado contempla la siguiente situación: La producción de carne se obtiene a partir de una producción de pastura medida en ensayos a lo largo de 6 años con cortes bimestrales, en Pampa del Infierno, Chaco, por Chiossone *et al*., (2014). Esas variaciones en producción parecen estar muy relacionadas a los valores de precipitaciones anuales, (Tabla 4).

La Tabla 5 compara los indicadores financieros del modelo de línea de base con los resultados obtenidos en esta primera situación.

La rentabilidad incremental aumenta ligeramente cuando la producción de pastura es variable. El sistema SSP1 donde la componente forestal tiene una configuración más parecida a una forestación y que originalmente tenía una rentabilidad incremental negativa, pasa a tener una rentabilidad incremental positiva y el SSP2 mejora +20%.

Tabla 5: Resultados financieros de la situación 1.

Sistemas	Situación 1		Modelo original ganadero	
	VAN $	TIR (%)	VAN $	TIR(%)
SSP1	2.887	10	-12.115	7
SSP2	14.525	12	2.558	10

Situación 2: Ganancia diaria de peso (GDP) animal superior en 10% bajo SSP respecto a cielo abierto

En la segunda situación se consideró que la GDP es mayor en un 10% bajo sombra respecto que a cielo abierto. Existen diversas investigaciones que señalan que, en una pastura bajo sombra, la ganancia de peso diaria de los animales es mayor que en una pastura a cielo abierto. Esto se explica como resultado de la combinación de factores calidad forrajera, principalmente un mayor contenido de niveles de proteína cruda (Obispo *et al*., 2013) y mayor bienestar animal (15 días de estrés térmico bajo SSP versus 32 días bajo estrés

térmico durante los 120 días de verano [14]), a pesar de registrar una producción volumétrica forrajera 10% menor (promedio de 8 años consecutivos con disminuciones de la disponibilidades de radiación fotosintéticamente activa del 60% al 40% en ese lapso de tiempo). En sitios como las áreas subtropicales, en las cuáles la situación agroecológica es compleja (amplio rango de variación temperatura, precipitación, suelos con baja fertilidad entre otros) el componente forestal del sistema silvopastoril mejora la producción ganadera y el bienestar de los animales. "*Tras 8 años de evaluación consecutiva, en un sistema silvopastoril con Prosopis alba, ha demostrado una producción de 50 kg de peso vivo/ha^{-1} mayor que un sistema pastoril a cielo abierto, al finalizar el periodo de recría"* (Bottegal, 2021). Particularmente en periodos de sequía la producción de carne (kg/ha) en una recría fue mayor en un sistema silvopastoril con algarrobo que en un sistema pastoril puro con diferencias de 54,45 y 40,30 kg/ha^{-} para dos ciclos de recría, (Martinez Calsina *et al*., 2015).

Tabla 6. Resultados financieros de la situación 2.

Sistemas	Ganadero				Forestación			
	VAN $	TIR (%) GPP+ 10%	VAN $	TIR (%) Modelo original	VAN $	TIR (%) GPP +10%	VAN $	TIR (%) Modelo original
SSP1	1.250	10	-12.115	7	49.938	17	9.216	16
SSP2	10.419	12	2.558	10	61.395	25	24.525	19

Los indicadores financieros obtenidos en este nuevo escenario muestran que la tasa de retorno incremental mejora un 30% en el SSP 1 y un 20% en el SSP 2 cuando se comparan con ganadería pura. Mientras que aumentan un 6,25% en el SSP 1 y un 37,5% en el SSP 2 cuando se comparan a una forestación pura.

Situación 3: Uso de material genético seleccionado de "alta producción" de *Prosopis alba*

En los análisis originales de la tesis antes mencionada, los modelos de sistemas silvopastoriles y forestación puros planteados como línea de base, fueron modelados con incrementos medios anuales de madera correspondientes al material genético usado en la zona (Pernochi, 2020). Se utilizaron los incrementos del estudio en la localidad de Concepción del Bermejo, en plantaciones configurados como sistemas silvopastoriles, en el cuál el material local presenta incrementos anuales que variaron de 1,0 a 1,22

[14]Fuente: Curso de capacitación ofrecido por el equipo silvopastoril de INTA a la Asociación Brahman Junior Argentina, julio/2021; Ing. Zoot. María Zimerman PhD y Ing. Zoot. Javier Lara *et al*, INTA-IIACS-Leales.

cm en diámetro a la altura de pecho (DAP) cuando las plantaciones son manejadas con raleo e incrementos anuales en altura de 70 cm, (Atanasio, *et al*. 2018).

Diferentes instituciones de investigación, nacionales y provinciales de Argentina, han desarrollado investigaciones para domesticar y mejorar el desempeño de esta especie nativa. El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de Argentina ha trabajado desde 2004 en un programa de mejoramiento y conservación de *Prosopis alba*. De acuerdo con el crecimiento de los primeros años, se ha seleccionado un origen que se destaca, presentando mayores crecimientos, tanto en diámetro como en altura que el material corriente local (López Lauenstein *et al*., 2014).

Este origen presenta un destacado crecimiento en la provincia del Chaco, alcanzado valores medios de 9,15 cm de diámetro y 5 m de altura a los 4 años, en un sistema de líneas dobles y 9,45 cm de diámetro y 6,18 m de altura en macizo. El incremento corriente del DAP varió entre 2,3 y 2,4 cm, y en altura entre 1,25 y 1,54 m respectivamente (Atanasio *et al*., 2019). Los mejores crecimientos iniciales de los nuevos materiales genéticos que están siendo evaluados experimentalmente en predios de productores implican la obtención de diámetros aprovechables por la industria en un menor tiempo. Dado que los nuevos materiales duplican el incremento tanto en DAP como en altura, en los primeros años, es esperable que a igualdad de DAP comercial objetivo, los turnos de aprovechamiento de estos se reduzcan. Esta reducción de tiempo del turno de corta tendrá un impacto positivo en la rentabilidad de los SSP.

Situación 4: Reducción de la distancia predio SSP –industria del aserrado

En el modelo forestal puro y la componente forestal de los sistemas silvopastoriles de la línea de base, el precio de la tonelada de la madera “en pie”, es el resultado de las transacciones en la cual los aserraderos compradores de rollizos asumen los costos de apeo, extracción y transporte de los rollizos provenientes de bosques nativos situados a más de 250 – 330 km del polo de la industria forestal de la región. En 2021, con solo 3.000 ha de plantaciones forestales, en regla general aún jóvenes, más del 90% de la fuente de materia prima sigue siendo el monte nativo. De acuerdo con informantes calificados del sector maderero, en 2021, los precios de rollizos en pie son pagados a una cuarta parte (+/- 35 US$.tn^{-1}) de lo que valen puesto en playa de industria (+/- 140 US$.t^{-1}). Cuando las plantaciones de algarrobo se multipliquen y entran en producción, es esperable que esta brecha se reduzca, logrando tanto mejores precios para el productor como menores

costos para el industrial. Otra opción es pre-industrializar los rollizos con aserraderos móviles en origen, disminuyendo el volumen transportado en el orden del 60% y capturando el precio de un producto intermedio "tablas y tirantes crudos" sin procesos de re manufactura.

A continuación, se describe en detalle esta situación: la mayoría de los aserraderos y carpinterías de la Provincia del Chaco que consumen principalmente madera de algarrobo se encuentran ubicados en el centro de la provincia, particularmente en la localidad de Machagai que concentra alrededor de 250 aserraderos. Estas industrias de la madera generan muchos puestos de trabajos formales e informales. La ciudad de Machagai se orienta principalmente a la fabricación de muebles de algarrobo, aunque cuenta con otros productos como implementos rurales (cepos, mangas, bretes, cargaderos, toriles, casillas de operar, varillas y portones), rejillas para camas, sillas, sillones y artesanías. Cuesta (2011) señala que "*el algarrobo fue desapareciendo de las áreas más próximas a la demanda*". Lógicamente, al desencadenarse este proceso, la relación costo-distancia fue cada vez mayor: años atrás los rollos provenían de distintos puntos: Villa Berthet, Sáenz Peña, Tres Isletas, Castelli, Villa Río Bermejito distantes entre 100 a 200 km e inclusive de Formosa, pero esta provincia instrumentó leyes que prohíben la salida de madera sin aserrar. Actualmente, la materia prima procede de lugares más distantes, fundamentalmente del norte del Impenetrable chaqueño: Comandancia Frías, Fuerte Esperanza y Taco Pozo distantes a 300 km. más. En el Censo de Nacional de Aserraderos, (Ministerio de Agroindustria, 2018), se estableció que el precio del flete representaba entre el 7% (100 km) y 36% (300 km) del precio promedio del algarrobo nativo.

Teniendo en cuenta esto se calcularon los indicadores de rentabilidad incremental considerando que los precios de la madera de algarrobo tendrían un incremento del 35,75% si provinieran de plantaciones de algarrobo puras o SSP establecidas a un radio de 100-150 km de los aserraderos.

Tabla 7. indicadores financieros de la situación 4.

Sistemas	Ganadero				Forestación			
	VAN $ Mejor. 4	TIR (%) Mejor.4	VAN $ Modelo original	TIR (%) Modelo original	VAN $ Mejor.4	TIR (%) Mejor.4	VAN $ Modelo original	TIR (%) Modelo original
SSP1	12.925	11	-12.115	7	5.599	14	9.216	16
SSP2	22.289	13	2.558	10	17.357.	17	24.525	19

Los indicadores financieros obtenidos en esta cuarta situación muestran mejoras considerables cuando se pasa de una ganadería a un sistema silvopastoril. La tasa de retorno incremental podría mejorar 57% en el SSP 1

y 30 % en el SSP 2. Cuando se parte desde una forestación pura los sistemas silvopastoriles siguen siendo más competitivos que la forestación pura pero las tasas de rentabilidades incrementales de entre 10,5% y 12,5% son menores que partiendo de la situación ganadera. Este menor incremento respecto de la situación forestal pura se explica por considerar que ellas también se encuentran se situaban a en el mismo radio que los SSP modelizados.

Conclusiones

Teniendo en cuenta las distintas situaciones consideradas en este trabajo, invertir en sistemas silvopastoriles de algarrobos implantados se presenta como una opción financieramente viable. Estos sistemas son rentables financieramente para las distintas situaciones, sea que se desarrollen tanto a partir de una ganadería pura como de una forestación pura. La rentabilidad es diferencial según el modelo de sistema silvopastoril que se considere: el SSP 2 se presentan como más competitivo en las diferentes situaciones ya que sus indicadores de VAN y TIR incrementales son mayores a los del SSP 1. Este SSP 2 presenta una configuración de árboles en doble hilera separados por 14 m., lo que permite un componente forrajero y ganadero de mayor producción. Los diferentes contextos que se plantean muestran que los avances de la investigación logrados en el período 2017-2021, permiten ajustar los modelos y obtener planteos más eficientes que se traducen en mejoras delos indicadores financieros, como se plantea en la situación 2. Avanzar hacia la situación 3 es posible dado que el material genético que se menciona ya se encuentran probados en parcelas en predios privados, con buenos resultados iniciales en cuanto a crecimiento. En la medida que se instalen sistemas silvopastoriles en áreas cercanas a la industria y viceversa, se podrá alcanzar los resultados expuestos de la situación 4.

Agradecimientos

Los autores agradecen las valiosas contribuciones realizadas tanto por los integrantes del equipo silvopastoril de la región chaqueña del INTA como de la fundación CIPAV, para incorporar los efectos de las variaciones de los factores analizadas en el presente trabajo.

Bibliografía

Atanasio, M. A., Pernochi, A. L. S., Chiossone, J.G., 2018. Productividad maderera y forrajera de un sistema silvopastoril de *Prosopis alba* de variable densidad de árboles y radiación. IV Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, Villa La Angostura, Neuquén.

Atanasio, M. A., Pernochi, A. L. S., 2019. Crecimiento de *Prosopis alba* Griseb. en plantación pura y sistema silvopastoril, en Chaco, Argentina. Libro de Actas X Congreso internacional sobre sistemas silvopastoriles: por una producción sostenible.

Bottegal, D.N, 2021. Estrés calórico en bovinos y los sistemas silvopastoriles: experiencias que aportan a evaluar las condiciones ambientales y determinar riesgos y beneficios. Argentina Forestal. https://www.argentinaforestal.com/2021/06/16/estres-calorico-en-bovinos-y-los-sistemas-silvopastoriles/.

Dirección de Promoción Forestal, 2012. Información Técnica de la Región Chaqueña, Especies Forestales a cultivar en la Región. http://chaco-forestal.blogspot.com.ar/p/informacion-tecnica_20.html.

Chiossone, J. L., Vicini, R., Jacquet, A. y Ondomisi, S. 2014.Comportamiento de Gatton panic en Chaco (Argentina), mejoramiento en la utilización con Suplementación y confinamiento en autoconsumo de silajes.

Codutti, C. O. 2003.Consultoría: Asistencia Técnica para la Elaboración del Diagnóstico Agrario y Rural de la Provincia del Chaco.

Cuadra, D.E., 2012. Industria maderera y vulnerabilidad socio-ambiental: el caso de Machagai en el centro del Chaco. En A. M. H. Foschiatti, (Ed.), Escenarios vulnerables del Nordeste Argentino. (pp. 315-336). Resistencia, Chaco. UNNE – CONICET

Gittinger Prince, J. 1982.Economic Analysis of AgriculturalProjects. The Johns Hopkins UniversityPress, Baltimore and London.

Jornadas Forestales, 2009.El Algarrobo en Sistemas Silvopastoriles. 07 de mayo de 2009. Concepción del Bermejo.

Karlin, U., Catalán, L. y Corini, R., 1994. La naturaleza y el hombre en el Chaco seco. GTZy FCA-UNC.

Lopez Lauenstein, D., Vega, Ca., Luna, C., Sagadin, M., Melchiorre, M., Pozzi, E., Salto, C., Oberschelp, J., Torales, S., Pomponio, F., Kees, S., Chavez Díaz, L., Gomez, C., Verga, A., 2014. Subprograma Prosopis. Domesticación y Mejoramiento de especies Forestales.

Martinez Calsina, L., Lara, J. E., Suarez, F. A., Ballón, M., Pérez, P.G., Vega, H., Torres, J. C., Corbella, R., Placencia, A., Caldez, L., Banegas, N., Luchina, J., Nasca, J. A., Perez, H. E., Botegal, D., Zimerman, M., 2015. Producción de carne en un sistema silvopastoril de algarrobo y Grama rhodes de la llanura deprimida de Tucumán, Argentina. Actas 3° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, VIII Congreso Internacional de Sistemas Agroforestales.

Ministerio de Agroindustria, 2018. Censo de Nacional de aserradero 2015. Informe del relevamiento censal en la provincia del Chaco- Región NOA.

Obispo, N. E., Espinoza, Y., Gil, J. L., Ovalles, F., Cabrera, E. y Pérez M. J, 2013.Relación de la proporción de sombra en el potrero con el rendimiento, calidad delforraje y ganancia diaria de peso en novillos. _Revista Científica, FCV-LUZ / Vol. XXIII, Nº 6, 531 - 536, 2013

Pernochi, A. L. S., 2020. Inversiones en Sistemas Foresto Ganaderos con algarrobo blanco… ¿Una opción financieramente viable para el Centro Oeste de la Provincia del Chaco? Tesis presentada para optar al título de Magister en Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Misiones, Argentina.

Evaluación de un sistema silvopastoril implantado con algarrobo blanco, en diferentes densidades con manejo silvícola, en la provincia del Chaco Argentina

Evaluation of a silvopastoral systems with white carob, in different densities with silvicultural management, in the province of Chaco Argentina

M. Atanasio; R. Lertora; E. Caballero; L. Pernochi; L. Colcombet.

Estación Experimental INTA Sáenz Peña, Chaco, Argentina. CP 3700.
atanasio.marcos@inta.gob.ar

Resumen

El estudio se llevó a cabo en una plantación con la especie algarrobo blanco (*Prosopis alba* Griseb.), combinado con *Megathyrsus maximus cv gatton panic*, en la EEA del INTA Sáenz Peña, Chaco. Los tratamientos combinan densidades iniciales de plantación y raleo: D. Alta; D. Alta-R *(800 pl./ha sin y con raleo);* D. Media-R*;* D. Media *(500 pl./ha con y sin raleo) y* D. Baja *(250 pl./ha sin raleo)*, con 2 repeticiones en bloques al azar. Se evaluó el incremento corriente anual del DAP y de la altura total de 2019 a 2020 y 2021. La producción de pastura en kgMS/ha se midió entre las fechas 29/3/2021 y 8/6/2021 (72 días), utilizando método de corte y pesada en marco de 0,25m^2 en jaulas de exclusión de 1m^2, en diferentes situaciones de luz: *bajo copa (BC)*; *entre copa (EC) y fuera de la copa (FC)*, con 4 repeticiones por tratamiento. Durante el primer periodo (2019-2020), Se observó incrementos en DAP significativamente mayores en los tratamientos D. Baja y D. Media-R (72 y 77mm respectivamente), en relación con los demás tratamientos de mayor densidad. No se encontró diferencias en el incremento de altura en ninguno de los periodos, tampoco en diámetro para el segundo periodo. Con respecto a la producción forrajera no se observó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. El manejo oportuno con raleos mejora el crecimiento del componente arbóreo y la producción de forraje en el sistema.

Palabras claves: *Raleo - Prosopis alba - crecimiento – pastura.*

Abstract

The study was carried out in a plantation with the white carob (*Prosopis alba* Griseb.), combined with *Megathyrsus maximus cv gatton panic*, at the EEA INTA Saenz Peña, Chaco. The treatments combine initial densities planting and thinning: High D.; T-High D. (800 pl./ha Without and with thinning); Medium D. (500 pl./ha Without and with thinning) and Low D. (250 pl./ha Without thinning), with 2 repetitions in random blocks. The DAP and total

height annual current increase from 2019 to 2020 and 2021 was evaluated. Pasture production in kgMS/ha was measured between the dates 03/29/2021 and 06/08/2021 (72 days), using cutting and weighing method in 0.25m^2 frame in 1 m^2 exclusion cages, in different light situations: under canopy (UC); between canopy (BC) and outside canopy (OC), with 4 repetitions per treatment. During the first period (2019-2020), significantly greater increases in DBH were observed in the treatments Low D. and Medium D.-T (72 and 77 mm respectively), in relation to the other treatments of higher density. No differences were found in the increase in height in any of the periods, nor in diameter for the second period. Regarding forage production, no significant statistical differences were observed between treatments. Timely management with thinning improves the growth of the tree component and the production of forage in the system.

Keywords: *thinning- Prosopis alba – growth - pasture.*

Introducción

Los sistemas silvopastoriles implantados o “sistemas foresto-ganaderos” en la región chaqueña se visualizan como promisorios de acuerdo a diferentes estudios que destacan los aspectos positivos desde enfoques productivos y ambientales (Martinez Calcina *et al*., 2015; Botegal y Zimerman 2015; Chiossone *et al*., 2014). Ratificando la concepción de sistemas silvopastoriles que según Carranza y Ledesma (2009) son sistemas de uso de la tierra donde coexisten en la misma unidad productiva la ganadería y la actividad forestal, aprovechando las interacciones positivas y minimizando las negativas que se establecen entre los componentes animal, vegetal y suelo. Permiten diversificar la producción, atenuar las variaciones climáticas (temperaturas extremas y cambios bruscos son los que más afectan al animal), aspecto primordial para la región Chaqueña (Karlin *et al*., 1994).

Se reconoce y se promociona al *Prosopis alba* Griseb. (algarrobo blanco), como especie principal para las forestaciones maderables e integración en sistemas agropecuarios mixtos, dada su capacidad de adaptación y crecimientos en diferentes sitios de la región, sus usos múltiples como productor de excelente madera, forrajes y alimentos, miel, complementación con forrajeras, mejoradora de suelo.

En términos de maderable, por ejemplo, el algarrobo representa el 44% de las 257.960 m^3 de toneladas consumidas en aserraderos en la provincia del Chaco durante el año 2015 (Ministerio de Agroindustria, 2018). En la actualidad prácticamente la totalidad de la madera destinada a la industria proviene de bosques nativos. Para aspirar a la producción de madera comercial a partir de forestaciones es necesario el manejo silvícola adecuado,

para obtener mayor volumen de calidad maderable y en el menor plazo de tiempo posible. Diversos estudios coinciden en la importancia del manejo silvícola y demuestran los efectos positivos de los mismos sobre el desarrollo de las plantaciones de algarrobo y la producción forrajera en sistemas silvopastoriles (Pérez *et al*., 2020; Zárate, 2006; Delvalle 2006; Atanasio 2014), no obstante sigue siendo información parcial de deferentes contextos de plantaciones, lo hace necesaria ahondar a investigación sobre todo aplicando un manejo integrado como sistema, atendiendo el estrato arbóreo para optimizar y su efecto sobre el forrajero.

El objetivo de este trabajo consistió en evaluar el manejo de la cobertura arbórea determinada por las densidades de plantación y los raleos y su incidencia en la producción mixta del sistema silvopastoril.

Materiales y Métodos

El sitio de estudio se ubica en el predio de la Estación Experimental INTA Sáenz Peña, provincia de Chaco, Argentina. El clima de la región es Subtropical intermedia entre marítima subhúmeda y continental seca, la precipitación promedio anual es de 999 mm, con lluvias concentradas entre octubre y abril y con meses críticos (junio a agosto) de escasas precipitaciones. La temperatura media anual es de 22,5 °C, máxima de 28,2 °C y mínima de 14,8 °C, con extremos de -8,7 ºC en agosto y 44,2 ºC en diciembre. El ensayo se lleva a cabo en una plantación con la especie algarrobo blanco (*Prosopis alba* Griseb.) realizada en el año 2009. La misma está dispuesta en parcelas de un tercio de hectárea de superficie e implantadas con las siguientes densidades iniciales: 250; 500 y 800 pl./ha, (marcos de plantación 8x5; 4x5 y 2,5x5 m. respectivamente), con 2 repeticiones por cada parcela en bloques completos al azar. Se implantó una especie de pastura megatérmica como *Megathyrsus maximus cv. Gatton panic* y la plantación se manejó con podas sistemáticas hasta alcanzar una altura mínima de 2,2 metros de fuste, posteriormente se aplicaron raleos oportunos de acuerdo a las densidades iniciales.
Los tratamientos evaluados consisten en la combinación de densidades iniciales de plantación y raleo: D. Alta (densidad inicial 800 pl./ha sin raleo); D. Alta-R *(densidad inicial 800 pl./ha con raleo sistemático a los 6 años de edad);* D. Media-R *(densidad inicial 500 pl./ha. con raleo a los 9 años de edad);* D. Media *(densidad inicial 500 pl./ha sin raleo) y* D. Baja *(densidad inicial 250 pl./ha sin raleo)*. Cada tratamiento con 2 repeticiones al azar.

Para evaluar el componente forestal se midió en parcelas de 30 individuos las variables DAP (diámetro a la altura del pecho) y altura total, durante los años 2019; 2020 y 2021. Se calculó el incremento corriente anual para cada variable (ICA-DAP e ICA-HT). Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) y el

test LSD de Fisher con un nivel de significancia del 5% empleando el programa InfoStat (Di Rienzo *et al*., 2019).

Estableciendo una línea de base y para poder evaluar, de forma preliminar el componente forrajero en cada tratamiento de manejo de la plantación, se determinó la producción primaria en kgMS/ha a partir del método de corte y pesada utilizando un marco de 0,25m^2 en cada jaula de exclusión de 1m^2, luego se registró el peso fresco de esas muestras y posteriormente se secaron en estufa a 60° por 72 horas hasta peso constante para eliminar el porcentaje de humedad. Dichas jaulas se ubicaron en distintas situaciones de luz dentro de cada tratamiento: bajo copa (BC) *debajo de la copa de un árbol a 1 m del tronco*; entre copa (EC) *con intercepción de copa entre dos árboles* y fuera de la copa (FC) *sin intercepción de la copa o huecos de raleos*, con cuatro repeticiones por cada situación de luz/tratamiento.

Para determinar la producción forrajera por tratamiento de manejo se estimó la proporción de superficie que representa cada situación de luz, por medio de un muestreo de puntos equidistantes cada 1m sobre líneas y entre líneas de plantación, observando de manera vertical la situación de cada punto (BC; EC o FC). La producción de pastura se midió para el periodo comprendido entre las fechas 29/3/2021 y 8/6/2021 (72 días). Debemos aclarar que este periodo corresponde a la época de otoño en el cual las pasturas megatérmicas disponen del 17 % del total de producción del ciclo de crecimiento (Chiossone y Vicini, 2012). Los datos de productividad fueron analizados en función de las situaciones de luz, y, por otro lado, de acuerdo a los tratamientos de densidad-raleo, mediante un análisis de varianza (ANDEVA) y el test LSD de Fisher con un nivel de significancia del 5% empleando el programa InfoStat (Di Rienzo *et al*., 2019).

Resultados y Discusión

Componente forestal

Analizando el componente forestal se observó que la respuesta en crecimiento solo mostró diferencias estadísticas significativas en la variable DAP entre los distintos tratamientos de densidad combinados con raleo en el periodo 2019-2020. No así en el segundo periodo de crecimiento (2020-2021). El crecimiento en altura no mostró diferencias significativas entre los tratamientos, para ninguno de los periodos analizados (tabla 1). El diámetro es la variable más sensible a las situaciones de competencia y es esperable que en diferentes densidades se exprese variaciones en el crecimiento del diámetro. Resultados similares fueron encontrados por Pérez *et al* (2020), Atanasio (2014) y Delvalle (2006), quienes evaluaron la respuesta a diferentes intensidades de raleo en plantaciones de algarrobo blanco detectando

diferencias significativas en el crecimiento del diámetro y no así en altura total.

Tabla 1. Síntesis de resultados de pruebas estadísticas. Fuente de variación: tratamiento de densidad y raleo. NS: *no significativo*
S*: *significativo (α = 0,05)* S**: *significativo (α = 0,01).*

Variable	Prueba Estadística							Rango variable de control
	ANDEVA	LSD					Hipótesis Nula	
		D. Baja	D. Media-R	D. Media	D. Alta-R	D. Alta		
Periodo 2019 – 2020 Variable Incremento corriente anual								
ICA DAP	S**	a	a	b	b	b	Rechazada	32 – 72 mm
ICA HT	NS	a	ab	ab	ab	b	Aceptada	52 – 84 cm
Periodo 2020 – 2021 Variable Incremento corriente anual								
ICA DAP	NS	a	ab	b	ab	b	Aceptada	58 – 99 mm
ICA HT	NS	a	a	a	a	a	Aceptada	69 – 99 cm

En el gráfico 1 se observan cómo se dan las diferencias de crecimiento entre los tratamientos, siendo significativamente mayores en la densidad baja (D. Baja: 250 pl./ha) y en la densidad media raleada (D. Media-R), con valores 72 y 67 milímetros, respectivamente. la densidad alta sin raleo (D. Alta: 800 pl./ha) fue el tratamiento de menor crecimiento (32 mm). Esto coincide con resultados descriptos por Pérez *et al* (2020) quienes encontraron diferencias altamente significativas entre la densidad más bajas post-raleo y la más alta sin raleo. También se evidencia la reacción al raleo por parte del diámetro, mostrando mayor ICA el tratamiento raleado versus sin raleo con las mismas densidades iniciales, como ser en D. Media (significativamente superior) y en D. Alta. Es evidente que los raleos oportunos, es decir cuando se observa cobertura completa y a edades acordes con su desarrollo, permiten mejorar el crecimiento en diámetro y evitar el estancamiento por competencia.

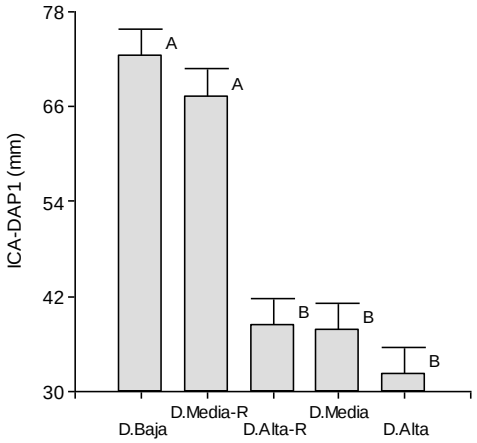


Gráfico 1: Incremento corriente anual del DAP según tratamientos de densidad y raleo (periodo 2019-2020) letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas (A y B).

Componente forrajero

Situación de luz: la proporción de estados BC; EC y FC fue variable entre los distintos tratamientos, siendo el más favorable para el estrato forrajero el tratamiento D. Baja que presenta mayor proporción de superficies fuera de copa y menor bajo copa. Lo opuesto se observa en el tratamiento D. Alta, que presenta mayor superficie de la situación bajo copa. Los tratamientos D. Media-R y D. Alta-R presentan situaciones de luz muy similares en proporción a la superficie. (gráfico 2)

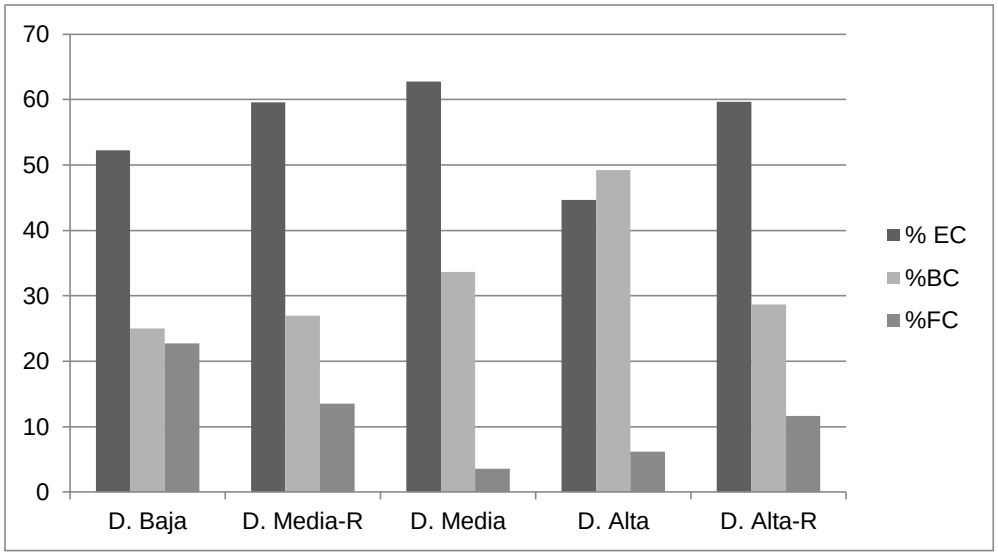


Gráfico 2: Proporción de superficie por situación de luz según tratamientos de densidades y raleos.

Analizando la productividad forrajera del periodo 28/3 al 8/6 de 2021, se observa que la variación de forraje va de menor a mayor de acuerdo a las situaciones de luz BC (624 kgMS/ha), EC (920 kgMS/ha) y FC (1000 kgMS/ha), las cuales no llegan ser significativamente diferentes, es decir, que responde positivamente cuando tiene más espacios abiertos (gráfico 3), esto demuestra que, la competencia por luz es el principal factor que determina la producción de forrajeras en sistemas silvopastoriles (Carranza y Ledesma, 2009).

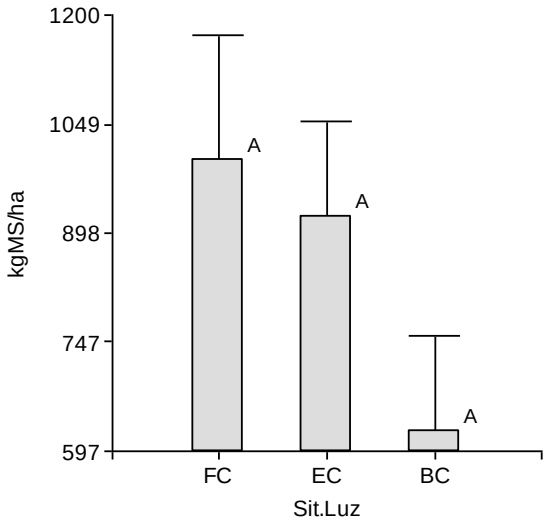


Gráfico 3: Producción de KgMS/ha según las situaciones de luz.

La productividad por tratamiento de densidades y raleos si bien no mostró diferencias estadísticas significativas, fue variando de mayor a menor, presentando mayor productividad en las densidades más bajas de plantación y aquellas combinadas con raleo y menor productividad en densidades medias y altas sin raleo (gráfico 4). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Atanasio *et al*., (2018) evaluando la productividad de gatton panic y la radiación fotosintéticamente activa, en distintas densidades post-raleo de una forestación de algarrobo blanco de 16 años de edad. Variaciones en la productividad de forrajeras (*Brachiaria* y *Axonopus*) en función de diferentes intensidades de luz y densidades arbóreas de *Pinus* fueron estudiadas por Colcombet et. al (2009), coinciden que hay una disminución de productividad con el aumento de densidades arbóreas. Para la situación que estamos estudiando, un caso particular es que en la densidad media se observa una productividad menor que la densidad alta, esto puede deberse a varios factores como la calidad de sitio. Cabe aclarar que el periodo de crecimiento medido solo corresponde a la estación de otoño, además los registros de precipitaciones anuales correspondientes a los períodos 2020 y 2021 presentaron características particulares. El 2020 estuvo marcado por una sostenida y amplia sequía, resultando el quinto año más seco de los últimos 50. El último cuatrimestre del 2020 estuvo modulado por el desarrollo del fenómeno La Niña que continuó durante los primeros meses de 2021 (Servicio meteorológico nacional).

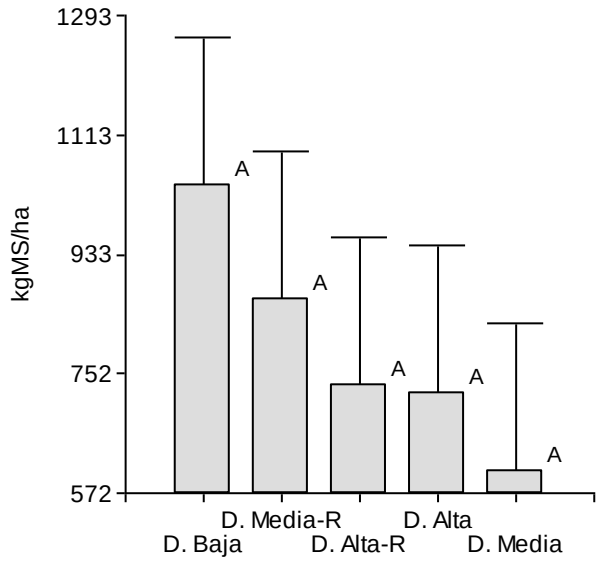


Gráfico 4: Producción de kgMS/ha. por tratamiento de densidades y raleos

Conclusiones

El crecimiento en altura de los árboles no se ve perturbado por la disminución de la densidad provocada por el raleo independientemente de la densidad inicial de plantación.

El efecto del raleo sobre el crecimiento del diámetro resulta significativo en el primer periodo de crecimiento evaluado, al reducir la competencia se estimula un mayor incremento del diámetro, sobre todo en rodales jóvenes y densos.

La productividad de pastura, si bien es una medición de una sola estación del año iniciando este estudio, es alentadora y muestra que responde positivamente al manejo del componente arbóreo a través del raleo. Se evidencia un aumento de producción cuando se regula la cobertura arbórea mediante el manejo con raleos.

El beneficio es múltiple para el sistema cuando se maneja oportunamente el componente arbóreo, mejora la estructura del dosel arbóreo y su crecimiento en diámetro y a su vez mejora la producción forrajera, dado que tiene mayor ingreso de luz al estrato herbáceo.

Bibliografía

Atanasio, M. A., Pernochi, A. L. S., Chiossone, J.G., 2018. Productividad maderera y forrajera de un sistema silvopastoril de Prosopis alba de variable densidad de árboles y radiación. IV Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, Villa La Angostura, Neuquén.

Atanasio, M.A. 2014. Influencia de raleos selectivos sobre el crecimiento de *Prosopis alba* Griseb. XXVIII Jornadas Forestales de Entre Ríos, Argentina. 11ª edición ISSN 1667-9253. A.I.A.N.E.R.-INTA Concordia. Poster (595.16-P-Atanasio) y trabajo extendido (595.15-TE-Atanasio).

Botegal, D., Zimerman, M., 2015. Producción de carne en un sistema silvopastoril de algarrobo y *Grama rhodes* de la llanura deprimida de Tucumán, Argentina. Actas 3° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, VIII Congreso Internacional de Sistemas Agroforestales.

Botegal, D.N, 2021. Estrés calórico en bovinos y los sistemas silvopastoriles: experiencias que aportan a evaluar las condiciones ambientales y determinar riesgos y beneficios. Argentina Forestal. https://www.argentinaforestal.com/2021/06/16/estres-calorico-en-bovinos-y-los-sistemas-silvopastoriles/.

Carranza, C. A., & Ledesma, M. (2009, octubre). Bases para el manejo de sistemas silvopastoriles. In Anales XIII Congreso Forestal Mundial. FAO (pp. 18-23).

Chiossone, J. L., y Vicini, R., 2014. Producción de Materia Seca de Gatton Panic en el Dpto. Almirante Brown en diferentes Sistemas de Manejo. Ed. INTA EEA Sáenz Peña. Disponible en: htt://inta.gob.ar/documentos/producción-de-materia-seca-de-gatton-panic-en-el-dpto.-almirante-brown-en-diferentes-sistemas-de-manejo/

Colcombet, L., Pachas, A.N.A., Fassola H.E., 2009. Sistemas silvopastoriles de *Pinus elliottii var. Elliottii x caribaea var. Hondurensis* (F2), *Brachiaria brizantha* (Hoschst) Stapf y *Axonopus catariensis* Valls, a diferentes densidades arbóreas en el NO de Misiones. 1er Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Aspectos relacionados al comportamiento forestal arbóreo, forestales. Posadas Misiones, Argentina.

Delvalle, P. 2006. Raleo selectivo en forestación joven de algarrobo blanco. En: 2° Jornadas Forestales, Santiago del Estero, Argentina, 15 – 16 de junio. Facultad de Ciencias Forestales UNSE. 6p. <https://fcf.unse.edu.ar/eventos/2-jornadas-forestales/pdfs/Raleos%20Selectivos%20en%20Forestacion%20Joven%20de%20Algarrobo%20Blanco.pdf>

Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; Gonzales, L.; Tablada, M. y Robledo, C. W. 2019. InfoStat versión 2019. Grupo InfoStat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina. URL http://www.infostat.com.ar.

Karlin, U., Catalán, L. y Corini, R., 1994. La naturaleza y el hombre en el Chaco seco. GTZ y FCA-UNC.

Martinez Calsina, L., Lara, J. E., Suarez, F. A., Ballón, M., Pérez, P.G., Vega, H., Torres, J. C., Corbella, R., Placencia, A., Caldez, L., Banegas, N., Luchina, J., Nasca, J. A., Perez, H. E., 2015. Producción de carne en un sistema silvopastoril de algarrobo y *Grama rhodes* de la llanura deprimida de Tucumán. Argentina. 3° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. VII Congreso Internacional de Sistemas Agroforestales.

Ministerio de Agroindustria, 2018. Censo de Nacional de aserradero 2015. Informe del relevamiento censal en la provincia del Chaco- Región NOA.

Pérez, V.; Cañete, M. y Vicentini, G. 2020. Crecimiento de *Prosopis alba* Griseb en rodales con distintas densidades post-raleo. Disponible en: https://maderamen.com.ar/desarrollo-forestal/2020/06/15/algarrobo-blanco-en-rodales-postraleo/

SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL, Estado del clima en Argentina 2020. http://hdl.handle.net/20.500.12160/1559.

Zárate, M.H., 2006. Efecto de la poda, el distanciamiento y su interrelación sobre el crecimiento y la calidad forestal de plantas de *Prosopis alba* Griseb. en la zona de riego de Santiago del Estero. Tesis presentada para optar al título de Magister de la Universidad de Buenos Aires. Área Recursos Naturales. Escuela para Graduados Ing. Agr. Alberto Soriano Facultad de Agronomía.

Contribución de la regeneración natural de *Prosopis* spp. en sistemas silvopastoriles en la región del chaco paraguayo

Contribution of the natural regeneration of *Prosopis* spp. to silvopastoral systems of the Paraguayan Chaco

MI Diaz Lezcano[1], CC Gamarra Lezcano, SS Ruiz Diaz Medina, AV Santa Cruz Estigarribia, JD Miranda Riquelme, LR Medina Romero

Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias,
Carrera de Ingeniería Forestal. maura.diaz@agr.una.py

Resumen

Los sistemas silvopastoriles basados en la regeneración natural arbórea representan una alternativa para mejorar la calidad ambiental y aumentar la productividad ganadera y forestal. El objetivo de la presente investigación fue caracterizar sistemas silvopastoriles del chaco paraguayo con manejo de la regeneración natural de *Prosopis* spp. Esta investigación se llevó a cabo en 10 propiedades privadas ubicadas en el Chaco Central paraguayo. Además de la cobertura forestal de algarrobos, se caracterizaron los siguientes aspectos: presencia de otras especies forestales, cobertura del suelo, gramíneas, y la presencia animal conforme a los datos brindados por los propietarios o por indicios de pastoreo. El promedio de individuos de regeneración fue de 17 renovales por hectárea. Las parcelas bajo manejo silvopastoril estudiadas cuentan con regeneración del género *Prosopis,* con mayor abundancia de: algorrobo blanco, algarrobo negro y Karandá combinadas con pasturas de las especies pangola, gatton panic, urochloa, estrella y buffel, sobre suelo del tipo luvisol enriquecido con arcillas, con una carga animal de 1 UA.ha^{-1}, aproximadamente, destinada a producción bovina de carne y leche. La cantidad promedio fue de 31 individuos.ha^{-1}, el área basal fue 1,81 m^{2}.ha^{-1} y la cobertura de copa 8 m^{2}.ha^{-1} en promedio. Los algarrobos, *Prosopis alba*, *Prosopis nigra* y *Prosopis kuntzei* son especies sumamente importantes en los sistemas silvopastoriles estudiados puesto que son las únicas especies forestales nativas manejadas por los propietarios en el Chaco Central paraguayo.

Palabras clave: *algarrobo, renoval, ganadería, Gran Chaco Sudamericano, Paraguay.*

Abstract

Silvopastoral systems based on natural tree regeneration, represent an alternative to improve environmental quality and increase livestock and forestry productivity. The objective of the present investigation was to characterize silvopastoral systems of the Paraguayan Chaco with management of the natural regeneration of *Prosopis* spp. This investigation was carried out in 10 private properties located in the Paraguayan Central Chaco. In addition to the forest cover of carob trees, the following aspects were characterized: presence of other forest species, ground cover, grasses, and animal presence according to the data provided by the owners

or by indications of grazing. The average number of regeneration individuals was 17 renewals per hectare The plots under silvopastoral management studied have regeneration of the genus *Prosopis*, with a greater abundance of: white carob, black carob and Karandá combined with pastures of the pangola, gatton panic, urochloa, star and buffel grass species, on luvisol-type soil enriched with clay, with an animal load of 1 AU.ha^{-1}, approximately, meant for meat and milk cattle production. The average number was 31 individuals.ha^{-1}, the basal area was 1.81 m^2.ha^{-1} and the canopy coverage was 8 m^2.ha^{-1} on average. The carob trees, *Prosopis alba, Prosopis nigra* and *Prosopis kuntzei* are extremely important species in the silvopastoral systems studied since they are the only native forest species managed by the owners in the Paraguayan Central Chaco.

Keywords: *carob tree, regeneration, livestock, South American Great Chaco, Paraguay.*

I. Introducción

En Paraguay, la actividad productiva mayoritaria del Chaco es la ganadería. Los procesos de cambio en el uso del suelo en el Chaco han ido en aumento sin considerar los riesgos a los cuales se exponen los suelos y el ambiente en general, ni los cambios drásticos provocados por la deforestación y sus consecuencias (Mereles y Rodas 2009; Mahecha *et.al* 1998).

Los sistemas extensivos de ganadería están caracterizados por un gran deterioro ambiental, factor que ha hecho que la ganadería bovina sea vista como un sector productivo que atenta contra la sostenibilidad ecológica mundial, por lo que es necesario contemplar alternativas que permitan solucionar los problemas relacionados con este sistema de producción (Mahecha 2003).

Los sistemas silvopastoriles contribuyen a aminorar los impactos ambientales negativos de la ganadería convencional, sin embargo, es necesario generar información y documentación a largo plazo, que permita aumentar los conocimientos sobre las interacciones entre los componentes árbol-pasto-suelo-animal, de manera a garantizar mayor eficiencia y sostenibilidad (Mahecha *et.al* 1998).

En este contexto, la ganadería puede ser potenciada y no necesita ser una actividad de efectos destructivos. La implementación de sistemas silvopastoriles es una alternativa que permite un aprovechamiento más centralizado de cada uno de los recursos, brinda bienestar animal, mejora las condiciones del suelo y mejora la calidad de carne y leche de una manera económica y ambientalmente más sostenible, por lo que constituye una necesidad imperiosa recuperar la fertilidad de los suelos degradados en las regiones ganaderas del trópico americano (Calle *et.al* 2012, Crespo 2008 y FAO 2015).

Los sistemas integrados de producción en el Chaco Central paraguayo cuentan con una alternativa promisoria integrando especies forestales nativas con la actividad ganadera. En este sentido los algarrobos (*Prosopis* spp) tienen una gran capacidad

colonizadora e importante regeneración natural, por lo que su manejo constituye uno de los principales desafíos para lograr la armonización con los sistemas pecuarios establecidos en el Chaco Central paraguayo a fin de establecer sistemas silvopastoriles sustentables.

El objetivo de la presente investigación fue caracterizar sistemas silvopastoriles del chaco paraguayo con manejo de la regeneración natural de *Prosopis* spp.

II. Materiales y Métodos

El trabajo se llevó a cabo en 10 propiedades privadas ubicadas en el Chaco Central, en las localidades de Mcal. Estigarribia, Filadelfa, Loma Plata, Neuland, Buena Vista y Pirizal. Todos estos sitios se encuentran en la ecorregión Chaco Seco (SEAM 2013). La precipitación media anual es de aproximadamente 800 mm.

Las propiedades abarcadas están sujetas a sistemas silvopastoriles asociados con individuos de regeneración de algarrobos mayoritariamente, junto con árboles adultos de otras especies.

Se instalaron 10 parcelas permanentes de manejo de regeneración de algarrobos *(Prosopis alba, P. nigra, P. kuntzei)*. Las mismas contaban con dimensiones de 100 metros de largo y ancho (1 ha), totalizando 10 hectáreas.

Se realizó la caracterización de las parcelas establecidas, descripción de *Prosopis spp.* y los componentes forestal, herbáceo y animal.

Además de la cobertura forestal de algarrobos, se caracterizaron los siguientes aspectos: presencia de otras especies forestales además de los algarrobos, suelo según su textura, pedregosidad y color, las gramíneas según la especie, y la presencia animal según los datos brindados por los propietarios o por indicios de pastoreo.

Las variables medidas para árboles adultos fueron: diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total (h), proyección de la copa y estado sanitario. Se calcularon,

Área Basal (m^2) g= (π. D^2)÷4 D=Diámetro (m)

Volumen total (m^3) VT=g*h*ff h= altura (m) ff=factor de forma (0,8389) para algarrobo propuesto por Quinteros (2001)

Biomasa total ($t.ha^{-1}$)=*BT = $0,2733*(h*D^2)^{0,8379}$ Ecuación alométrica propuesta por Sato *et al*. (2015) para el Chaco Seco

Se aplicó la fórmula de Sturges para la clasificación diamétrica de los renovales.

$$NC= 1+1,3*\log(N)$$
$$AT= Dm-dm$$
$$RD= AT/NC$$

Donde,
NC= número de clases
N= número de individuos
AP= amplitud total
Dm= diámetro mayor

dm= diámetro menor
RD= rango diamétrico

Para la extracción de muestras de pasturas y suelo se establecieron subparcelas al azar de 1 m x 1 m a dos profundidades, de 0 a 10 cm y de 10 a 30 cm.

En cuanto al componente animal, se procedió a identificar la raza, la carga animal y objetivos de producción.

Para determinar el tipo de suelo, la textura, el contenido de materia orgánica y el pH, se extrajeron 4 muestras compuestas en cada parcela a dos profundidades (de 0 a 10 cm y de 10 a 30 cm) que fueron analizadas en el laboratorio del Área de Suelos y Ordenamiento Territorial de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción.

Para el análisis de los datos se utilizó estadística descriptiva, determinando medias y rangos, siendo representados mediante gráficos de barras.

III. Resultados y discusión

Caracterización de las parcelas establecidas

Las parcelas bajo manejo silvopastoril cuentan con regeneración del género *Prosopis,* siendo las especies más representativas: algarrobo blanco (*P. alba),* algarrobo negro *(P. nigra)* y Karandá *(P. kuntzei)*. En la Figura 1 se puede observarla cantidad de individuos menores a 10 cm de diámetro en cada clase diamétrica. El promedio de individuos de regeneración fue de 17 renovales por hectárea.

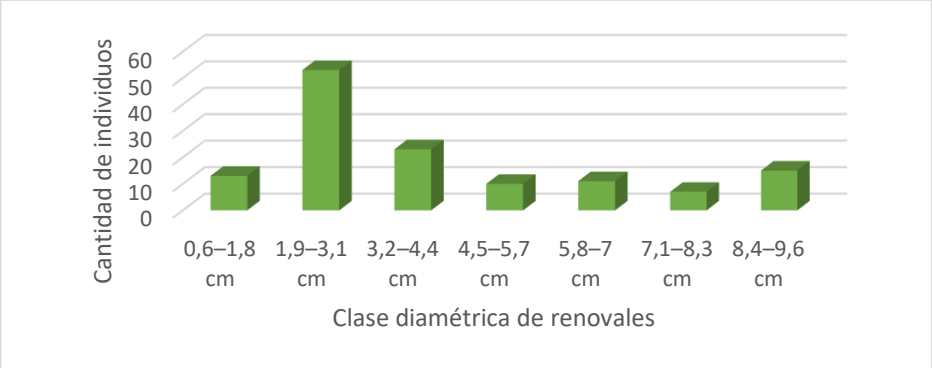


Figura 1. Clasificación diamétrica de renovales de *Prosopis* spp.

El cuadro 1 describe las características de género *Prosopis* y el componente forestal. Además, se registró presencia de verde olivo (*Cercidium praecox*), aromita (*Acasia farmesiana*), labón (*Tabebuia nodosa*), guajaivi rai (*Patagonula america*), pajagua naranja (*Capparis retusa*), palo lanza (*Phyllostylon rhamnoides*), coronillo (*Schinopsis lorenzi*), sacha sandia (*Capparis speciosa*), mistol (*Ziziphus mistol*), quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho blanco)* y palo santo (*Gonopterodendron sarmentoi*).

En todas las parcelas estudiadas se registraron individuos del género *Prosopis*, presentando de esta manera una frecuencia del 100%. Villagra (2000) afirma que la capacidad de las especies del género *Prosopis* de tolerar sequía y condiciones edáficas adversas, como la salinidad y alcalinidad, así como su adaptación a la herbivoría, son las principales razones de su posición dominante en la vegetación leñosa de zonas áridas y semiáridas de América.

En nueve de las diez parcelas se observaron componentes forestales diferentes a los algarrobos, concordando con Villagra (2000), quien afirma que las especies del género *Prosopis* son componentes importantes en el hábitat de otros organismos, generando heterogeneidad espacial, que modifican la distribución espacial de especies de los estratos arbustivos y herbáceos.

En ningún caso los algarrobos fueron implantados en los potreros. Ramírez *et al*. (2012) indican que la presencia de árboles en los potreros es el resultado de la regeneración natural, dando lugar al ramoneo de forma alterna durante el ciclo anual. Los sistemas silvopastoriles facilitan la producción ganadera de forma integral y alivian la presión sobre las áreas boscosas, aumentado directa o indirectamente la productividad de la parcela.

Cuadro 1: Descripción de *Prosopis spp.* y el componente forestal.

Parcela Nº	Descripción del componente forestal: *Prosopis* spp.	Descripción del componente forestal
1	Presencia de *Prosopis nigra* de 3 a 4 m de altura, copas densas y bajas, dispersos y escasos, con numerosos rebrotes en cicatrices de corte.	Regeneración abundante de aromita *(Acacia aroma)*. Algunos ejemplares de la familia *Cactaceae*.
2	Individuos de *Prosopis nigra* de buen porte por lo general: fustes sin bifurcaciones en la base, rectos o con inclinación leve (ver anexo 2).	Presencia abundante de indio kumanda (*Capparis retusa*) de 1,5 m de altura aproximadamente. Regeneración de ejemplares de palo santo (*Bulnesia sarmientoi*), karanda'y (*Copernicia alba*) y chirca (*Chirca melosa*)
3	Las especies identificadas fueron *Prosopis nigra, Prosopis rojasiana* y *Prosopis alba* con signos de poda previa realizada con machete.	Regeneración abundante de quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco*), presencia de capparaceas y cactáceas.
4	Árboles de la especie *Prosopis alba* de hasta 6 m de altura, en un árbol se observaron orugas	Ausente.
5	Individuos de *Prosopis alba* presentes, la mayoría con bifurcaciones antes de los 1,30 m de altura.	Presencia de Palmeras datilíferas.
6	La especie identificada fue *Prosopis alba* bajo tratamiento silvicultural de poda hace 5 – 7 años.	Se destaca la presencia de un yvyraro (*Pterogyne nitens*) y un verde olivo (*Cercidium praecox*).

7	Presencia de *Prosopis alba* de porte considerable. Sin aparente manejo previo.	Presencia de cactáceas.
8	La única especie del género fue *Prosopis nigra* de baja altura con gran número de ramificaciones a menos de 1,80 m. Algunos individuos fueron podados con motosierra.	Regeneración de quebracho blanco y palo santo en el perímetro de la parcela; presencia de verde olivo, aromita, labón, guajaivi rai, pajagua naranja distribuidos en toda la parcela. Manejo aparente de quebracho blanco.
9	Se identificaron árboles de las especies *Prosopis alba, Prosopis nigra* y *Prosopis kuntzei.* Intervención hace 8 años, presentan rebrotes en cicatrices de corte	Presencia de aromita (*Acacia aroma*), quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco*), guajaivi rai (*Sideroxylon obtusifolium*), verde olivo (*Cerdium preacox*) y *Desmanthus sp*.
10	Presencia de *Prosopis alba* y *Prosopis nigra*. La mayoría con DAP<10 cm.	Presencia de mistol (*Zizipus mistol*), aromita (*Acacia aroma*), regeneración de quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco*), pajagua naranja (*Capparis speciosa*), palo lanza (*Phyllostylon rhamnoides*) y un coronillo (*Prosopis kuntzei*) de gran envergadura.

La cobertura herbácea estubo conformada por pastos de la especie pangola (*Digitaria decuecumbens*), gaton panic *(Panicum maximun)*, urochloa (*Urochla panicoides*), estrella (*Cynodon nlemfluensis*), búfel (*Cenchrus ciliaris*), combinado con suelo descubierto mayoritariamente plano (ver Figura 1), coincidiendo con Casado y Cavalieri (2015) quienes registraron que en el sistema silvopastoril en estudio ubicado al sudoeste del Chaco argentino, la combinación *Prosopis alba* y Gatton panic.

Según Rossi (2014) el crecimiento de la pastura tiene lugar en épocas de precipitaciones y durante las épocas de sequía las pasturas tienen escaso crecimiento, lo que pudo ser evidenciado considerando que la presente investigación tuvo lugar durante la temporada de sequía.

Según estudios realizados en un establecimiento ganadero en la zona del chaco semiárido argentino la introducción de pasto *buffel (Cenchrus ciliaris)* puede tener incidencia directa sobre el incremento de la producción ganadera. La introducción de *Cenchrus ciliaris* en este ambiente debería acompañarse con técnicas de manejo del pastoreo que promuevan un incremento del follaje de la pastura (Duque *et al*. 2011).

La carga animal soportada en las parcelas en estudio fue de aproximadamente 1 UA.ha^{-1} (ver Figura 2). Esta cifra coincide con la investigación realizada Linares y Udaneta (1992) quienes sostienen que durante la época húmeda fue de 2 UA.ha^{-1}, en cambio el período seco es crítico para las cargas iguales o superiores a 1 UA.ha^{-1} exigiendo la suplementación.

Díaz Lezcano *et al* (2020) encontraron en el Chaco Central paraguayo las siguientes razas de ganado bovino, Santa Gertrudis, Hereford y Brangus, con una capacidad de carga de una unidad ganadera por hectárea, constituida por terneros y vaquillonas.

El suelo encontrado en las parcelas estudiadas era del tipo luvisol enriquecidos con arcillas en las capas superficiales, de textura arcillosa, con un contenido alto de materia orgánica en los primeros 10 cm (2,9%) y medio en las profundiades de 10 a 30 cm (1,3%), con pH ligeramente ácido en ambas profundides. Estos resultados son similares a los obtenidos por Díaz Lezcano *et al* (2020) quienes reportaron valores entre 2,58% y 3,38% (contenido alto) de materia orgánica de 0 a 10 cm, y 1,09% y 1,42% de 10 a 30 cm (contenido medio de materia orgánica) en fincas ganaderas bajo manejo silvopastoril del chaco central paraguayo.

Esto coincide con la descripción de Thompson y Throe (2013) que indican que la materia orgánica cubre la superficie del suelo, luego se descompone y se mezcla e incorpora a los 5-15 cm del suelo mineral gracias a la acción de la mesofauna que allí habita.

En la parcela 1 se pudo notar que el suelo estaba completamente descubierto y seco. En las parcelas subsiguientes se observó mayor cobertura por vegetación. La parcela 9 contaba con cinco pastos implantados, entre los cuales uno de ellos es pasto *buffel* (*Cechrus ciliaris*). Estudios indican que un sistema silvopastoril compuesto por algarrobo y pasto *buffel* puede ser potencialmente viable, debido a la importancia de esta leguminosa forestal para la región semi-árida principalmente por los aspectos benéficos resultantes de su influencia sobre el ambiente y el pasto asociado (Ribaski y Menezes 2002).

Existe un distanciamiento adecuado entre los árboles para permitir el ingreso de ganado. El arreglo espacial de los árboles en un sistema silvopastoril consiste en una separación de 4 a 5 metros para facilitar el acceso y desplazamiento de los animales, también es necesario que el distanciamiento permita el acceso de maquinarias para tareas como preparación del suelo (POSAF 2005).

El distanciamiento observado también se relaciona con la cobertura de copas. Carranza y Ledezma (2009) mencionan que la competencia por luz es el principal factor que determina la producción de forrajeras, dado que el sombreamirfedcxento de las pasturas aumenta a medida que crecen los árboles; indican que la producción máxima de pastizales en zonas con déficit hídrico se alcanza con una cobertura arbórea del 50%. Además, desde el punto de vista económico, el efecto de la sombra incrementa la producción de leche dentro de un rango de 10% al 20% en comparación a potreros sin árboles (Villanueva *et al.,* 2009).

Cuadro 2: Descripción del componente animal, herbáceo y animal.

Parcela Nº	Componente Suelo	Componente Herbáceo	Componente animal
1	Desprovisto de vegetación. Leve pendiente, zona húmeda en el límite de la parcela. Textura franco arenosa.	Manchones de gramíneas no forrajeras.	Presencia de bosta de vaca seca, lo que indica presencia de animales dentro de la parcela establecida.
2	Manchas de suelo sin vegetación distribuidas por el terreno.	Densa cobertura de pasto estrellita (*Cynodon plectostachyum*), de hasta 50 cm de altura, con entrada de pasto colonial (*Panicum maximum*).	Rastros de pisadas, indicando presencia de ganado vacuno.
3	Suelo desprovisto de vegetación	Pequeñas manchas de gramíneas no forrajeras, pastura inexistente. El desmonte data de 1997, donde se estableció gatton panic (*Panicum maximum*).	Sistema silvopastoril previo, actualmente inactivo y con nula presencia animal.
4	Suelo casi desnudo, con pequeñas manchas de gramíneas.	Pasto pangola (*Digitaria decumbens*) implantado con cobertura herbácea diferente al pasto. Ejemplares de caraguatá (*Bromelia sp.*) observados.	Presencia animal aparente debido a la existencia de bosta de vaca, en poca cantidad.
5	El suelo compacto debido al pisoteo de animales, textura franco arenosa, pedregosidad nula.	Pasto pangola (*D. decumbens*) sin malezas.	Presencia de bosta fresca, muchas hormigas a raíz de la alta descomposición de materia orgánica. Sistema silvopastoril con finalidad de producción de leche. Animales de las razas Holanda, Cebú y Jersey.
6	Suelo descubierto, mayoritariamente plano. Textura franco arenosa, pedregosidad nula.	Pastura gatton panic (*P. maximum*) con mucha maleza. En el pasado se realizó un ensayo de leguminosas.	Carga de 0,8 unidades ganaderas/hectárea con fines lecheros de las razas Holanda, Cebú y Jersey. Bajo esta carga animal, se considera 1 unidad ganadera/hectárea.
7	Suelo pobre, cubierto mayormente por la vegetación.	Sorgo forrajero (*Sorghum sp*), gatton panic (*Panicum máximum*).	Ganado destinado a la producción de carne, con manejo de razas Santa Gertrudis, Braman, Brangus y Braford (ver Figura 2)
8	Suelo parcialmente desnudo.	Cobertura de pastos altos, de las especies Gatton panic (*P. maximum*) y Pangola (*D. decumbens*).	Ganado vacuno destinado a la producción de leche.
9	Suelo oscuro, pedregosidad leve.	Pastos implantados: Urochloa (*Urochloa mosambicensis*), gatton panic (*P. máximum*), buffel (*Cechrus ciliaris*), pangola (*P.* maximum) y pasto estrella (*C. plectostachyum*)	Presencia de bosta seca, denotando presencia animal.
10	Suelo oscuro y totalmente cubierto.	Cobertura completa por pasto gatton panic (*P. maximun cv*), sin manejo	La parcela no es utilizada por su tamaño pequeño y la carga animal muy baja para un sistema de producción



Figura 1. Cobertura herbácea en sistema silvopastoril con manejo de regeneración de algarrobo en el Chaco Central paraguayo



Figura 1. Componente animal en sistema silvopastoril con manejo de regeneración de algarrobo en el Chaco Central paraguayo

Cantidad de algarrobos por hectárea

La cantidad promedio fue de 31 individuos por hectárea, siendo el valor mínimo 22 individuos y el valor máximo de 36 (Figura 2). Fueron registrados 142 individuos que pertenecen a la categoría de regeneración de *Prosopis* de 2 a 9 cm, 72 individuos de 10 a 19 cm, 87 árboles de 20 a 59 cm y por último fueron contabilizados 19 individuos de 60 a 80 cm o más.

La cantidad recomendable de individuos a dejar luego del raleo de la regeneración puede llegar hasta 50 individuos por hectárea dependiendo de otros factores como la calidad del suelo, pastura, clima, etc. Se recomienda que los individuos estén distribuidos de manera uniforme por todo el terreno (Louman y Stanley. 2002).

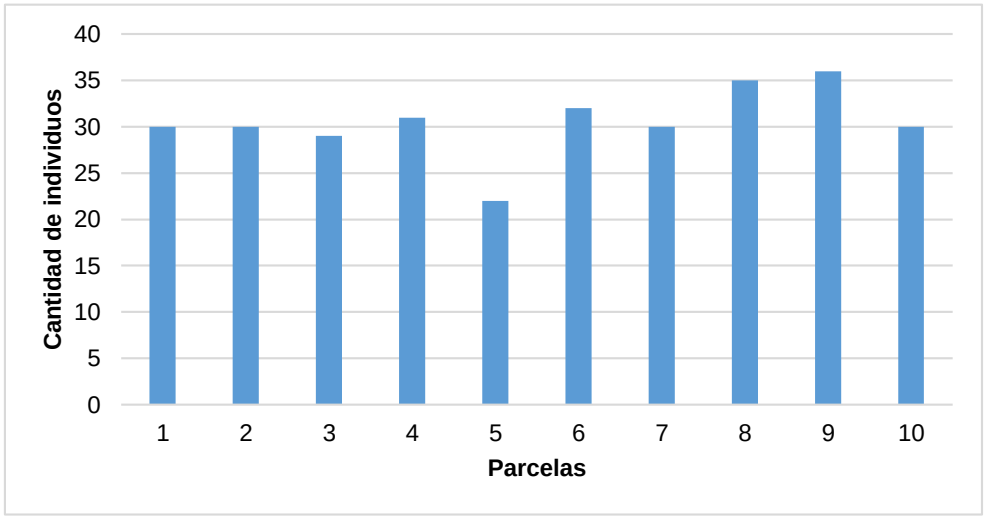


Figura 2. Cantidad de individuos de *Prosopis* ssp por parcela.

Área basal

De Arruda Veiga (1984) menciona que el conocimiento del área basal de una población es primordial para poder estimar el volumen y determinar la densidad de la población, el promedio fue de 1,81 $m^{2,}ha^{-1}$; según se especifica en la Figura 3, donde se puede apreciar un valor mínimo de 0,17 m^2/ha y un valor máximo de 4,75 m^2/ha, siendo consideradas la totalidad de los individuos estudiados.

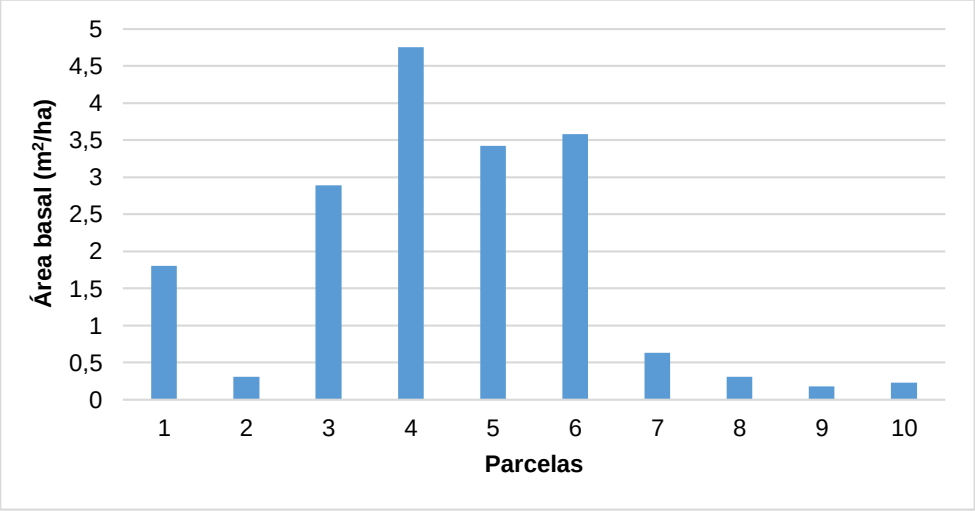


Figura 3. Área basal de *Prosopis* spp por parcela.

La cobertura de copa promedio fue de 8 $m^{2,}ha^{-1}$, valor mínimo de 3 m^2 y valor máximo de 24 m^2/árbol, teniendo un promedio de número de ramas de 9 unidades por planta, siendo el valor mínimo 5 ramas y el valor máximo 16. Con estos datos se puede determinar los árboles que necesiten los tratamientos silviculturales de manera a determinar su crecimiento.

Investigaciones realizadas por Utello *et al* (2021) mencionan la relación entre la cobertura copa y el área basal mostró una alta asociación expresado en un coeficiente de determinación R^2 = 0,96. De esto se deduce que al aumentar el área basal de los algarrobos aumentará la cobertura de copa, lo que según Navas Panadero (2017) tiene un efecto beneficioso en las fincas ganaderas que depende en gran medida del porcentaje de cobertura arbórea, el arreglo silvopastoril y la diversidad estructural y funcional. En este contexto, las especies arbóreas nativas, como las del género el *Prosopis*, que permitan mejorar las alternativas nutricionales en las fincas ganaderas, pero al mismo tiempo contribuir al diseño participativo de sistemas silvopastoriles que beneficien la conectividad entre relictos de bosque, y se favorezcan los procesos ecológicos de las especies de fauna que predominan en la región, además de recuperar el uso de especies arbóreas nativas que están en peligro de extinción.

Los resultados obtenidos en la presente investigación son menores los reportados por Kees y Michela (2016) quienes relacionaron un diámetro medio de 11,1 cm de *Prosopis alba* a 3,56 $m^{2,}ha^{-1}$ de área basal en la provincia Chaco de Argentina.

Volumen total y biomasa arbórea

El volumen total promedio que presentaron los individuos medidos fue de 9,45 $m^{3,}ha^{-1}$, siendo el volumen mínimo 1,09 $m^{3,}ha^{-1}$ y el volumen máximo 32,06 $m^{3,}ha^{-1}$ como se puede observar en la Figura 4.

Las regeneraciones de algarrobo se caracterizan por presentar una baja productividad de madera durante los primeros años, pudiéndose encontrar en la vegetación nativa un promedio de volumen entre 15 a 20 m^3/ha (FAO 2000).

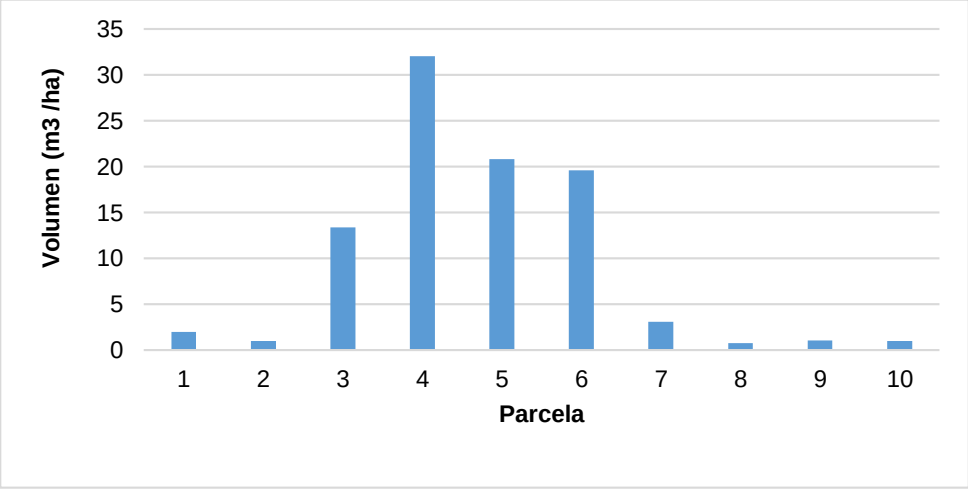


Figura 4. Volumen total de *Prosopis* spp por parcela.

Los resultados obtenidos en el presente estudio son superiores a los obtenidos por Gamarra *et al.,* (2018) quienes obtuvieron un volumen promedio de 1,59 $m^3.ha^{-1}$ en parcelas bajo manejo silvopastoril con manejo de regeneraciones de *P. alba* y *P. nigra* en el chaco central paraguayo.

La biomasa arbórea obtuvo un valor promedio de 7 $tn.ha^{-1}$, donde el valor mínimo fue de 0,6 $tn.ha^{-1}$ y el valor máximo de $tn.ha^{-1}$ como se puede observar en la Figura 5. Esta estimación es mayor que la obtenida por Díaz Lezcano *et al.,* (2019) quienes estimaron la biomasa forestal, según las ecuaciones del IPCC (2006) obteniendo un valor promedio de 2,3 $tn.ha^{-1}$.

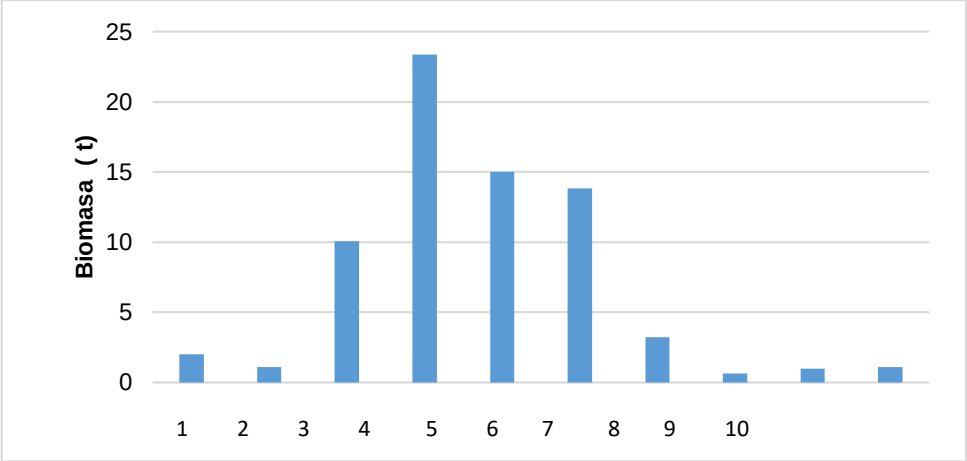


Figura 5. Biomasa arbórea de *Prosopis* spp. por parcela.

IV.- Conclusiones

Las parcelas bajo manejo silvopastoril en el Chaco Central paraguayo cuentan con regeneración del género *Prosopis,* con mayor abundacia de: algorrobo blanco, algarrobo negro y Karandá combinadas con pasturas de las especies pangola, gaton panic, urochloa, estrella y búfel, sobre suelo del tipo luvisol enriquecido con arcillas, con una carga animal de 1 UA/ha, aproximadamente, destinada a producción bovina de carne y leche.

Todas las parcelas están aptas para la implementación a largo plazo de sistemas silvopastoriles bajo un plan de manejo forestal específico para cada caso. Los algarrobos, en sus especies *Prosopis alba*, *Prosopis nigra* y *Prosopis kuntzei* son elementos sumamente importantes en los sistemas silvopastoriles estudiados puesto que son las únicas especies forestales manejadas por los propietarios y se encuentran en un excelente estado fitosanitario. Los beneficios buscados por la presencia de esta especie son la sombra y el ramoneo para el ganado, y a largo plazo, la obtención de madera.

La regeneración natural de *Prosopis spp.* se ve potenciada por la asociación entre árboles y ganado, específicamente por medio de la dispersión de semillas y la reincorporación de nutrientes en el suelo, que a la vez beneficia a las pasturas implantadas.

IV. Agradecimientos

Esta investigación se realizó en el marco del proyecto "Manejo Sustentable de Bosques en el Ecosistema Transfronterizo del Chaco" financiado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

Bibliografía

Calle, Z; Murgueitio, E; Chará, J. Integración de las actividades forestales con la ganadería extensiva sostenible y la restauración del paisaje (en línea). Unasylva 239(63):31-40. Consultado 13 jul 2016. Disponible en http://www.fao.org/docrep/017/i2890s/i2890s06.pdf

Carranza, CA; Ledesma, M. 2009. Bases para el manejo de sistemas silvopastoriles (en línea). Consultado 17 set. 2015. Disponible en http://ecaths1.s3.amazonaws.com/forrajicultura/ManejoSistemasSilvopastoriles.pdf

Casado MV, Cavalieri JM. Reconocimiento de especies forrajeras (Gatton panic). [internet] 2015. (Consultado 19 de noviembre de 2016) Disponible en: http://inta.gov.ar/documentos/Reconocimientode especies forrajeras gatton panic.pdf

Crespo, G. 2008. Importancia de los sistemas silvopastoriles para mantener y restaurar la fertilidad del suelo en las regiones tropicales (en línea). Revista Cubana de Ciencia Agrícola 42(4):329-335. Consultado 15 mar 2016. Disponible en: http://www.redalyc.org/pdf/1930/193015490001.pdf

De Arruda Veiga, R.A. 1984. Dendrometría e inventario florestal. Sao Paulo, BR Fefap. 108 p.

Díaz Lezcano, M.I., Leguizamón, L., Gamarra Lezcano, C.C., Vera de Ortíz, M., Galeano, M.P. 2019. Estimating carbon content in sylvopastoral sytems of *Prosopis* spp in the Paraguayan central chaco. Quebracho, 27 (1,2), 54-65.

Díaz Lezcano, M.I., Ríos Robles, J.R., Moreno Resquín, H., Vera de Ortíz, M. 2020. Contenido de carbono en un sistema silvopastoril del Chaco central paraguayo. Revista Cubana de Ciencias Forestales, *8*(2), 344-357.

Díaz Lezcano M.I., Gamarra Lezcano, Vera de Ortíz, M. Santa Cruz Estigarribia, A.V. 2021. Contenido de nitrógeno en suelos de sistemas silvopastoriles de *Prosopis* spp. del Chaco Central Paraguayo - Revista Cubana de Ciencias Forestales, *9*(2), 226-240.

Duque A., Yepes A., Navarra D., Philips J. 2011. Protocolo para la estimación nacional y sud-nacional de biomasa-carbono en Colombia. Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. 159 pág.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2015. Guía metodológica para la implementación de Escuelas de Campo para Agricultores (ECA) en sistema silvopastoriles agroecológicos. Bogotá, CO. 139 p.

Gamarra Lezcano, C.C., Díaz Lezcano, M.I., Vera de Ortíz, M., Galeano, M.P., Cabrera Cardús, A.J.N. 2018. Relación carbono-nitrógeno en suelos de sistemas silvopastoriles del Chaco paraguayo - Revista mexicana de ciencias forestales, *9*(46), 4-26. https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i46.134

IPCC 2006, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., and Tanabe K. (eds). Publicado por: IGES, Japón.

QUINTEROS, M. 2001. Determinación de factor de forma para las principales especies forestales del Chaco. San Lorenzo, PY. CIF/FCA/UNA. 68 p.

KEES, S.M.; MICHELA, J.F. 2016. Recomendaciones prácticas de poda y raleo con diferentes horizontes de planificación en la provincia del Chaco. Informe técnico. (Disponible: https://inta.gob.ar/sites/default/files/recomendaciones_practicas_de_poda_y_raleo_0.pdf).

Linares, C; Udaneta, M. 1992. Sistemas de producción de carne con Pasto Guinea (*Panicum maximun*, Jacq) Interrelacionando carga animal y suplementación. Maracaibo, BR. Consultado 27 oct 2016. Disponible en https://books.google.com.py/books?id=rCIOAQAAIAAJ.

Louman, B; Stanley, S. 2002. Análisis e interpretación de resultados de inventarios forestales. In: Inventarios forestales para bosques latifolidos en América Tropical. CATIE. Turrilaba, CR. Serie técnica Manual Técnico N 50. 264 pág.

Mahecha, L; Rosales, M; Molina, C; Molina, E. 1998. Experiencias en un sistema silvopastoril de *Leucaena leucocephala, Cynodon plectostachyus y Prosopis juliflora* en el Valle del Cauca, Colombia (en línea). Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en América Latina". Consultado 09 set 2016. Disponible en: http://www.fao.org/ag/aga/agap/FRG/ AGROFOR1/Mahech20.htm

Mahecha, L. 2003. Importancia de los sistemas silvopastoriles y principales limitantes para su implementación en la ganadería colombiana (en línea). Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias 16(1):11-18. Consultado 14 mar 2016. Disponible en http://rccp.udea.edu.co/index.php/ojs/article/viewFile/104/103

Mereles, F; Rodas, O. 2009. Deforestación, defaunación y protección de la riqueza biótica. In Morello, J; Rodríguez, A. El Chaco sin bosques: La Pampa o el desierto del futuro. Buenos Aires, AR, Orientación Gráfica Editora.

Navas Panadero A. Conocimiento local y diseño participativo de sistemas silvopastoriles como estrategia de conectividad en paisajes ganaderos. Rev Med Vet. 2017;(34): 55-65. doi: https://doi.org/10.19052/ mv.4255

POSAF (Programa Socioambiental y Desarrollo Forestal). Establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles. Managua, NI, Gobierno de Nicaragua, Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales. 56 p. 2005.

Quinteros, M. 2001. Determinación de factor de forma para principales especies forestales del Chaco. San Lorenzo, PY, Dirección de Investigaciones, Universidad Nacional de Asunción. 33 p.

Ramírez, N; Pérez, M; Ferguson, B; Jiménez, G. 2012. Caracterización del sistema silvopastoril en la Depresión Central de Chiapas (en línea). Avances en Investigación Agropecuaria. 16(2):7-22. Consultado 28 set 16. Disponible en http://www.ucol.mx/revaia/portal/pdf/2012/mayo/1.pdf

Ribaski, J; Menezes, E. 2002. Disponibilidad y calidad del pasto buffel (*Cenchrus ciliaris*) en un sistema silvopastoril con algarrobo (*Prosopis* spp) en la región semi-arida brasileña. Consultado 12 set 2016. Disponible en ftp://ftp.fao.org/docrep/nonfao/lead/x6355s/x6355s00.pdf.

Rossi, C. 2014. El sistema silvopastoril en la región chaqueña árida y semiárida argentina. Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional de Lomas de Zamora. 22 pág.

Sato, T. Saito, M., Ramirez, D., Pérez de Molas, LF., Toriyama, J., Herebia, EI., Dubie, N. Dure, E., Ramirez., DJ., Vera de Ortiz, M. 2015. Developmente of Allometric Equations for tree Biomass in Forest Ecosystems in Paraguay, San Lorenzo.Py. JAR 49(3), 281-291 pág.

Secretaria del Ambiente (SEAM). 2013. Hoja de Ruta para la Estrategia Nacional para un Desarrollo Bajo en Carbono. Secretaria del Ambiente, 2013. Hoja de Ruta para la Estrategia Nacional para un Desarrollo Bajo en Carbono. SEAM. Asunción.

Thompson, L.M., Troeh, F.R. (2013). *Los suelos y su fertilidad*. Barcelona, España: Reverté.

Utello, MJ, Fiandino, SI, Tarico, JC, Demaestri, MA, Plevich, JO. 2021. Aportes en la toma de decisiones para el manejo forestal con ganadería integrada del bosque de *Prosopis*

caldenia del centro de Argentina. BOSQUE 42(1): 23-32, 2021 DOI: 10.4067/S0717-92002021000100023

Villagra, P. 2000. Aspectos ecológicos de los algarrobales argentinos (en línea). Multequina 9(2):35-51. Consultado 30 set 2015. Disponible en http://www.cricyt.edu.ar/multequina/indice/pdf/09_02/9_2_3.pdf

Villanueva C, Ibrahim M, Cassasola F, Sepúlveda C. Sistemas silvopastoriles: una herramienta de adaptación al cambio climático de las fincas ganaderas en América Central. In Sepúlveda, C; Ibrahim, M. Políticas y sistemas de incentivo para el fomento y adopción de buenas prácticas agrícolas. 2009. Turrialba, CR, CATIE. 292 p. (Serie técnica).

Importancia de los escarabajos estercoleros en la actividad ganadera

Dra. Magdalena Cruz Rosales

Instituto de Ecología, A. C., Xalapa, Veracruz, México
magda.cruz@inecol.mx

Resumen

La actividad ganadera además de producir carne y leche, produce también mucho estiércol, cuya acumulación en exceso puede causar pérdidas económicas a los productores y daños al ambiente. La acumulación del estiércol en el pastizal ocasiona la reducción del alimento que queda disponible para el ganado, lo que afecta la producción ganadera de carne y/o leche, así como daños en los animales por los parásitos y moscas que se incrementan. También hay retención de nutrientes y pérdida del nitrógeno por volatilización, lo que contribuye a generar suelos pobres. Además, la liberación de gases desde el estiércol, contribuyen con el efecto invernadero del planeta.

Una de las opciones para ayudar a reducir este problema, es dejar actuar a los organismos coprófagos y degradadores de la materia orgánica, como los escarabajos estercoleros, mayates, rodacacas o peloteros. Estos insectos benéficos son coleópteros, por tener un par de alas duras que protegen a las verdaderas alas. Pero los verdaderos escarabajos coprófagos pertenecen a la familia Scarabaeidae, subfamilias Scarabaeinae, Aphodiinae y Geotrupinae. Entre ellos existe una gran variedad de tamaños, formas y colores, pero lo importante, es que la mayoría se alimenta y reproduce utilizando las heces de diversos animales. Aunque también hay especies que consumen carroña o materiales en descomposición, como frutas, detritus de hormigueros o incluso algunos hongos. A estos insectos se les encuentra repartidos es casi todo el mundo, pero la mayoría están en las zonas tropical y subtropical.
Se les puede clasificar por su comportamiento de relocalización del alimento y nidificación. Los más abundantes son los CAVADORES, pues hacen una galería por debajo del estiércol para enterrar cierta cantidad, sea para alimentarse de él o para que las hembras pongan sus huevos y nidifiquen. Otras especies, cortan un pedazo de estiércol que luego ruedan cierta distancia, para enterrarla y hacer el nido, esos son los RODADORES, y finalmente los MORADORES, que no se desplazan lejos del estiércol, sino que se alimentan directamente en la masa de estiércol y ponen sus huevos, ya sea en la costra superficial, o por debajo, entre la capa del suelo y el estiércol.

Pero finalmente, todos se desarrollan desde el huevo, pasando por las etapas de larva, pupa y adulto, alimentándose del estiércol hasta completar su desarrollo y emerger como adultos.

Así, los escarabajos estercoleros, al alimentarse y nidificar usando el estiércol, ayudan a eliminar este material del suelo, con lo cual proporcionan varios servicios ambientales, entre ellos, el primero al limpiar los pastos de este material, permiten dejarlo disponible para ser consumido por el ganado. La actividad de enterrar el estiércol permite por una parte reintegran nutrientes al suelo, mejorando así su fertilidad, además, al hacer las galerías mejoran la permeabilidad y aireación del mismo, así como también reducir la liberación de gases al ambiente. Otro servicio, es ayudar al control de parásitos y moscas que se reproducen en el estiércol y finalmente, contribuyen con la dispersión de semillas presentes en el estiércol, favoreciendo con ello la reforestación natural.

El éxito de los escarabajos estercoleros para la remoción del estiércol, depende de la abundancia y diversidad de especies presentes en un ambiente dado. Pero se ha observado que, a mayor diversidad vegetal de un ambiente, será también mayor la diversidad y abundancia de escarabajos estercoleros presentes. Esto se ha observado en sistemas silvopastoriles y algunos sistemas naturales con mayor arbolado, en comparación con las pocas especies y baja abundancia de escarabajos en zonas con manejo ganadero tradicional, donde hay mínima presencia de arbolado, además del uso de diversas substancias para el control de plagas y malezas, las cuales también afectan la actividad y supervivencia de los escarabajos.

Por ser organismos muy sensibles, abundantes en diversas zonas y ser de fácil identificación, se han utilización a los escarabajos estercoleros como indicadores de la salud ambiental de las diferentes regiones y tipos de uso del suelo, relacionado con las prácticas ganaderas, desde convencionales hasta las sustentables.

Como muestra de la importancia de los servicios que brindan estos insectos a la actividad ganadera, se han hecho algunos análisis económicos en Estados Unidos y la Gran Bretaña para darle valor a tres de los principales servicios: limpieza del pastizal, control biológico de parásitos y moscas y el reciclaje de nutrientes al suelo. Para el caso de México, se tiene una estimación que varía de US$140 a 455 millones de dólares, como el ahorro que estos servicios le dan a la producción ganadera del estado de Veracruz, aunque falta saber cuánto sería a nivel nacional.

INICIO
CRÉDITOS
COMITÉS
CONTENIDO
SECCIÓN I
SECCIÓN II
SECCIÓN III
SECCIÓN IV

Por lo tanto, considerando todo lo anterior se requiere promover el incremento de la diversidad vegetal en las zonas ganaderas, siguiendo un modelo más sustentable, como lo hacen en la ganadería silvopastoril y la regenerativa. Así, los escarabajos estercoleros y su servicio de remoción del estiércol, podrá ser más efectiva, indicando la buena salud ambiental de estos sistemas agropecuarios, a la vez que evitan el incremento de pérdidas económicas para los productores. Finalmente, se requiere divulgar entre los productores los beneficios que reciben de los escarabajos estercoleros, para que los protejan.

Transición a la ganadería sostenible: desde un experimento de restauración ecológica a la biología reproductiva de una especie forrajera tropical

Rocío Santos Gally

Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, Correo electrónico: rsantos@iecologia.unam.mx

Resumen

Las selvas tropicales de América han perdido alrededor del 35% de su vegetación nativa debido a la deforestación con fines agrícolas y / o ganaderas. Además, muchos remanentes de bosque se encuentran inmersos en una matriz de pastizales con baja productividad, debido a la degradación y erosión del suelo, alta temperatura y baja humedad. En tal escenario, los sistemas silvopastoriles (SPS) pueden ser una alternativa sostenible para aumentar la rentabilidad de la producción ganadera, permitiendo la liberación y restauración de áreas no aptas para la ganadería para la conservación de la biodiversidad. En este trabajo se revisaron las ventajas de los SPS desde su aparición prehistórica hasta el SPS intensivo más innovador, y se propone que la inclusión de islas de árboles nativos (como parcelas de restauración ecológica) puede incrementar aún más la recuperación de la biodiversidad en las regiones tropicales. Para la implementación de estas islas de árboles nativos, se revisaron los diferentes enfoques para la restauración ecológica, desde los pasivos, como la exclusión del ganado en los pastizales, hasta los más intensivos en mano de obra, como la siembra de plántulas dentro de las fincas ganaderas. También se discute la relevancia de considerar la diversidad filogenética para la selección de especies durante estos esfuerzos de restauración ecológica y se destaca el uso de la diversidad filogenética como un predictor útil de la diversidad funcional y la dinámica ecológica. Finalmente, se presenta un ejemplo de una intervención reciente en Los Tuxtlas, Veracruz, México que incluyó la implementación de islas de árboles nativos teniendo en cuenta la diversidad filogenética. Los resultados muestran que es muy importante tomar en cuenta las consideraciones sociales / ecológicas en los esfuerzos de restauración y en los intereses productivos de las fincas. La propuesta es conservar y restaurar, no solo las especies, sino la historia evolutiva única de la gran biodiversidad acumulada en los trópicos.

Origen y diversificación de sistemas agroforestales en México

Alejandro Casas

Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, Universidad Nacional Autónoma de México (campus Morelia) Antigua Carretera a Pátzcuaro 8701, Col. San José de la Huerta 58190, Morelia, Michoacán, México.

Los sistemas agroforestales combinan componentes vegetales agrícolas y forestales anuales y/o perennes, herbáceos y/o leñosos, así como animales silvestres y/o domesticados. Involucran el manejo de diversidad biológica nativa por las culturas locales y son sistemas eminentemente bioculturales que ameritan un análisis socio-ecológico. En Mesoamérica derivan de una historia de más de 10,000 años de manejo forestal y formas tempranas de producción de alimentos asociadas a silvicultura y horticultura. A lo largo de la historia estos sistemas se diversificaron en los diferentes contextos culturales y ecológicos en los que se adoptaron; posteriormente, la colonización europea significó la introducción de nuevos componentes vegetales y animales y técnicas de manejo. Y como resultado de esa historia, hoy en día decenas de tipos de tales sistemas pueden identificarse en los paisajes mesoamericanos. Nuestro grupo de investigación realiza esfuerzo por caracterizar y entender estos sistemas como una base para recuperar la experiencia técnica milenaria que los ha desarrollado y como parte de una visión para abordar los problemas del presente y del futuro dirigidos a la conservación de la biodiversidad y a la restauración de ecosistemas. Se presenta un panorama de las bases conceptuales de dicha tipología. Asimismo, un panorama de aproximaciones ecológicas y etnobiológicas pertinentes para la documentación y entendimiento de las virtudes y deficiencias de los sistemas contemporáneos. Se parte de la consideración de que el entendimiento de estos procesos bioculturales contribuirá al diseño de sistemas sustentables eficaces para conciliar la producción y la conservación de la biodiversidad y ecosistemas.

Biodiversidad y provisión de servicios ambientales en sistemas silvopastoriles

Julián Chará, Ana M. Chará-Serna

Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV), Carrera 25 No. 6-62, Cali, Colombia. julian@fun.cipav.org.co

Resumen

Los bosques tropicales en América han sufrido un proceso de transformación y remplazo por paisajes agropecuarios en su mayoría dedicados a la producción ganadera. Este proceso ha significado la pérdida de ecosistemas muy valiosos por la biodiversidad que albergan, su rol en la captura de carbono y regulación del clima y su contribución en el ciclo hidrológico y aporte de recursos genéticos. Los sistemas silvopastoriles han sido resaltados en diversos trabajos por su potencial como herramientas de conservación de la biodiversidad y de rehabilitación de zonas con pérdida de la cobertura boscosa, y se han propuesto como parte de estrategias para recuperar la diversidad y algunos servicios ambientales en zonas afectadas por ganadería. Diversas investigaciones han mostrado los efectos positivos de arreglos silvopastoriles como cercas vivas, árboles dispersos en potreros, bancos mixtos de forrajes y sistemas silvopastoriles intensivos sobre la diversidad de plantas, aves e insectos, entre otros organismos, y sobre la provisión de servicios ambientales. De los trabajos revisados se pueden extraer las siguientes lecciones aprendidas y patrones emergentes: 1) A medida que se incrementa la complejidad estructural y la diversidad de la vegetación asociada, se incrementa la biodiversidad de otros organismos como aves e insectos, entre otros. Esto también opera a escala del paisaje donde los sistemas silvopastoriles, al tener una mayor complejidad estructural, contribuyen a la conectividad a través de piedras de salto o corredores. 2) Las prácticas de manejo llevadas a cabo en el predio influyen sobre la efectividad de los sistemas silvopastoriles en su rol de conservación de biodiversidad. Actividades como las podas, el uso de pesticidas y algunos agentes antiparasitarios, entre otras prácticas, pueden afectar la diversidad de especies que son atraídas hacia los arreglos silvopastoriles. 3) Los sistemas silvopastoriles pueden considerarse como ecosistemas novedosos, es decir aquellos que por sus características atraen o contienen un ensamblaje de especies que combina la de espacios abiertos con alguna de zonas boscosas. 4) Aunque los sistemas silvopastoriles son capaces de sostener una porción importante de la biodiversidad en paisajes agropecuarios, los fragmentos de bosque y las áreas boscosas presentes en el paisaje son irremplazables en su papel para la conservación. Muchos de los beneficios de los silvopastoriles en la conservación de la biodiversidad descritos previamente, dependen de la existencia de bosques que sirvan como proveedores de refugio, alimento y sitios de tránsito para los diversos organismos. El valor de los sistemas

silvopastoriles en la conservación de la biodiversidad está inextricablemente ligado a la disponibilidad de parches de bosque en el paisaje. De esta forma, en una estrategia de conservación a nivel de paisaje, los sistemas silvopastoriles pueden complementar el importante e irremplazable rol de los fragmentos de bosques. Por último, para continuar promoviendo el escalamiento de los sistemas silvopastoriles y potenciar sus aportes para la conservación, es necesario entender a mayor profundidad cómo las practicas asociadas a estos sistemas de producción afectan su funcionamiento ecológico.

Agradecimientos

Al proyecto 18_III_106_COL_A_Estrategias productivas sostenibles que hace parte de la Iniciativa Internacional para el Clima (IKI). El Ministerio Federal del Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear de Alemania (BMU) apoya esta iniciativa basada en una decisión del Bundestag Alemán. Agradecimientos también al Fondo Autónomo de Ciencia, Tecnología e Innovación y a Minciencias por su apoyo a CIPAV (Cont 80740 - 006-2020).

INICIO
CRÉDITOS
COMITÉS
CONTENIDO
SECCIÓN I
SECCIÓN II
SECCIÓN III
SECCIÓN IV

SECCIÓN II

ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN, ADAPTACIÓN Y RESILIENCIA AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS TERRITORIOS



Sistemas Silvopastoriles: Su efecto sobre las condiciones ambientales y el comportamiento animal

Silvopastoral systems: Effect on environmental conditions and animal behavior

Zimerman, María

Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido (IIACS) – Centro de investigación Agropecuaria (CIAP) – Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)
zimerman.maria@inta.gob.ar

Resumen

El presente trabajo presenta información relevada en el Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido (IIACS) de INTA, ubicado en Tucumán, Argentina sobre el efecto de un Sistema Silvopastoril (SSP) con *Prosopis alba* y *Chloris gayana* en el bienestar animal de vaquillonas (vq) Braford evaluado a través de variables e índices ambientales, del comportamiento animal y del consumo de agua de bebida. Este sistema, creado con fines experimentales, se compara con un Sistema de producción a Cielo Abierto (SCA) con la misma pastura. Ambos sistemas se destinaron, durante varios ciclos productivos, a la recría de vaquillonas entre los meses de julio y marzo. El Índice de Temperatura y Humedad (ITH) no permite detectar diferencias entre los sistemas estudiados, mientras que el Índice de Carga Térmica (HLI) resulta efectivo para la caracterización ambiental y diferenciación de estos sistemas. Las diferencias ambientales entre SSP y SCA afectan el patrón de comportamiento de los animales: las vq del SCA destinan mayor proporción de su tiempo a la locomoción, al consumo de agua de bebida, a rumiar en posición parada respecto a las de SSP. También presentan mayores niveles de jadeo y consumo de agua de bebida (en l/d). Las vq del SSP también modifican su comportamiento en los momentos del día de mayor calor, haciendo mayor uso de los espacios sombreados por los árboles.

Palabras clave: *Sombra natural, vaquillonas, Prosopis alba, índices ambientales, comportamiento animal.*

Abstract

The present study shows information collected at INTA's Animal Research Institute of the Semi-Arid Chaco (IIACS) in Tucumán, Argentina on the effect of Silvopastoral System (SSP) with Prosopis *alba* and *Chloris gayana* on animal welfare of Braford heifers (vq) evaluated through environmental variables and indexes, animal behavior and drinking water consumption. This system, created for experimental purposes, is compared to an open sky System (SCA)

with the same pasture. Both systems were destined, during several productive cycles, to rearing heifers between July to March. Temperature Humidity Index (ITH) does not allow to detect differences between systems, while Thermal Load Index (HLI) is effective for characterizing and differentiate these environments. The environment differences between SSP and SCA affect animal´s behavior patterns: SCA´s vq devote more time to locomotion, water consumption and ruminating standing up than does under SSP. They also have higher panting levels and water consumption (l/d). SSP´s vq also modify their behavior during the hottest moments of the day, making grater use of the tree shaded areas.

Key words: *Shade of trees, heifers, Prosopis alba, environmental indices, animal behavior*.

Introducción

Cambio climático y su efecto en la ganadería:

Las consecuencias que pueda tener el cambio climático aun no pueden definirse con exactitud, sin embargo, según Lorente Saiz (2010), el consenso científico plantea que para las próximas décadas habrá un aumento de 2°C en las temperaturas medias y, si no cambia la dinámica humana actual, de 8°C hacia el 2100. Por su parte, en el Quinto informe de evaluación del grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático de las Naciones Unidas (IPCC, 2013), se mencionó para ese mismo año, un rango de aumento de temperaturas mundiales de 0,3° a 4,8°C. Esto traería aparejado la aparición de períodos de altas temperaturas comúnmente denominados “olas de calor”, que implican un período de calor y humedad inconfortable y anormal de al menos un día de duración, pero que usualmente perduran algunos días o en ocasiones semanas (Arias *et al.*, 2008).

El efecto del clima sobre la producción animal viene siendo estudiado desde hace varios años, lo que permitió el entendimiento de aspectos fisiológicos, sanitarios y comportamentales del animal bajo condiciones termoneutrales y de estrés climático. Según Bottegal *et al.* (2019), citando trabajos de Thornton *et al*. (2009) y Nardone *et al*. (2010), el impacto negativo del cambio climático sobre los sistemas ganaderos se basa en la disminución en la calidad y cantidad de forraje, aumento en el consumo de agua y de la incidencia de enfermedades del ganado, lo que afecta la eficiencia productiva y el bienestar de los bovinos, producto del estrés calórico.

La temperatura de confort en el ganado bovino se encuentra entre los 5° y 15°C. Sin embargo, entre los 5° y 25°C no ocurren cambios significativos en el consumo de alimento ni en los procesos fisiológicos (Thornton *et al.*, 2009). Esta zona de confort térmico representa el rango de temperatura efectiva en

la cual la producción de calor del animal se mantiene basal. Bajo estas condiciones, los animales pueden expresar al máximo su potencial productivo (Arias *et al*., 2008). Cuando el animal se encuentra fuera de dicha zona, requiere de costos energéticos para mantener su temperatura corporal. Para ello, se activan mecanismos fisiológicos y comportamentales para su termorregulación. Cuando la temperatura supera los valores de la zona de termoneutralidad, los animales homeotermos mantienen su temperatura corporal dentro de un rango pequeño y las respuestas fisiológicas y comportamentales ayudan a esa termorregulación (Sanker *et al.*, 2012).

Variables e índices ambientales asociados al estrés por calor:

La temperatura ambiente es, sin lugar a dudas, la variable más relevante para la definición del estrés térmico y es la medida más utilizada para estimar el confort animal (Da Silva, 2006). Sin embargo, si bien la temperatura ambiente ha sido reconocida como uno de los factores más importantes en la productividad del ganado, también se ha reconocido que ésta puede ser alterada por la acción de la humedad relativa ambiente, la acción del viento y de la radiación, entre otros factores. De acuerdo a Silanikove (2000), en climas cálidos, las altas temperaturas ambientales se encuentran acompañadas de alta radiación solar directa e indirecta, y ellas, junto a la velocidad del viento y a la humedad constituyen los principales factores de estrés ambiental que ejercen presión sobre los animales. Según Da Silva, 2006, la humedad relativa acentúa las condiciones adversas de las altas temperaturas ya que su efecto reduce la efectividad en la disipación de calor por sudoración y respiración. El viento ayuda a reducir los efectos del estrés por calor durante el verano, mejorando los procesos de disipación de calor por evaporación (Mader *et al*., 1999). Mientras que la radiación solar (directa e indirecta) también es un factor importante que afecta el balance térmico del ganado y tiene un efecto relevante en la termorregulación de ganado que se encuentra en pastoreo a cielo abierto (Silanikove, 2000).

Al ser varios los factores que influyen sobre el confort térmico del animal, se han desarrollado diferentes índices en los cuales se contempla, en forma conjunta, el efecto de al menos dos de las variables meteorológicas mencionadas anteriormente. Entre ellos se destaca el índice de temperatura-humedad: THI. Éste fue desarrollado originalmente para ser utilizado en seres humanos (Thom, 1959) y extendido posteriormente al ganado por Berry *et al.* (1964).

El ITH relaciona la temperatura ambiental y la humedad relativa en una escala de 0 a 100 y ha llegado a ser el estándar para la clasificación térmica del medio ambiente en sistemas de producción animal. Según el valor adoptado por este índice, se establecen 4 categorías: normal (THI < 74), alerta (74 = THI =

79), peligro (79 < THI = 84) y emergencia (THI > 84). La correcta interpretación de la severidad del estrés por calor incluye no solo la valoración del ITH sino también el registro de la duración y la frecuencia de la exposición (Hahn, *et al.*, 2009). Sin embargo, este índice utiliza tan sólo dos de las muchas variables ambientales involucradas en el complejo proceso de balance térmico que los animales experimentan durante el estrés por calor (Mader y Arias, 2008). Por lo tanto, el ITH podría no resultar el índice más adecuado para ser utilizado en sistemas silvopastoriles, ya que no considera elementos como la radiación solar o la velocidad del viento (Bottegal, *et al.*, 2019). Existen otros índices como el índice de Globo Negro y Humedad (Buffington *et al.*, 1981) el cual combina información de las variables temperatura ambiente, radiación solar y humedad relativa ambiente, y el Índice de Carga Térmica: HLI (por sus siglas en inglés: Heat Load Index) (Gaughan *et al.*, 2008) que considera las cuatro variables ambientales antes mencionadas (temperatura, humedad, radiación solar y velocidad del viento). Existen además otros índices que se valoran a través de aspectos comportamentales sobre los animales: Escala de Jadeo (Mader *et al.*, 2006) y tasa de respiración (Brown-Brandl, *et al.*, 2005).

Estrés por calor en ganado vacuno de carne y métodos para disiparlo:

Tal como fuera mencionado anteriormente, cuando el ambiente térmico se ubica por encima de la zona de termoneutralidad, el animal sale de su zona de confort y se altera su tasa metabólica basal. Según Collier & Zimbelman (2007) el estrés por calor es la incapacidad de un individuo de mantener su temperatura corporal constante, redundando en un gasto energético necesario para mantener el balance térmico. Cuando la combinación de los factores meteorológicos (temperatura y humedad, principalmente) y de manejo persisten por periodos prolongados, se genera una cascada de respuestas fisiológicas y de comportamiento que caracterizan el estado de estrés, y comprometen la habilidad del animal para disipar el exceso de calor corporal (BelhadjSlimen, *et al.*, 2016; Gaafar *et al.*, 2011). Según Bottegal *et al.* (2019), citando a distintos autores, como Mader *et al*. (2006), Araújo Marques *et al*. (2011) y Barragán Hernandez *et al*. (2015), el estrés calórico se expresa en el bovino a través de un aumento de la temperatura corporal, de la frecuencia respiratoria, mayor nivel de jadeo y cambios en la fisiología.

El proceso de termorregulación de los animales opera a través de cuatro mecanismos: tres de ellos (conducción, convección y radiación) se conocen como “trasferencias sensibles” ya que basan su acción en el gradiente de temperatura. Mientras que el cuarto mecanismo (evaporación) opera a través de un gradiente de presión de valor que se denomina “pérdida insensible de calor latente” (Arias, *el al.,* 2008). Estas pérdidas por evaporación pueden implicar dos procesos: traspiración o sudoración y jadeo o expiración. Los bovinos poseen un sistema de sudoración deficiente frente

a otras especies como el hombre o el caballo, en los cuales este mecanismo resulta muy eficiente; mientras que la disipación de calor por la excreción de heces y orina no es relevante (Bonilla A., 1999). La pérdida latente de calor resulta un mecanismo efectivo cuando la temperatura ambiente supera los valores de la temperatura corporal, mientras que en esas condiciones se reduce o limita el gradiente térmico, por lo que las acciones de las vías sensibles de pérdida de calor se tornan inefectivas. Sin embargo, cuando a las elevadas temperaturas ambientales se le suman altos niveles de humedad relativa, también decrece el gradiente de vapor, por lo tanto, el método de disipación de calor por evaporación pierde eficiencia y al animal le resulta muy difícil disipar su exceso de calor corporal. Aparecen entonces otros mecanismos a los que recurre el animal que consisten en cambios comportamentales que tienen también como objetivo reducir la temperatura corporal. Según Brown-Brandl *et al.*, (2006), para evitar los efectos del exceso de calor, los animales modifican su comportamiento disminuyendo el tiempo dedicado a consumir alimento y el tiempo destinado a permanecer echados. Además, destinan más tiempo al consumo de agua de bebida y a permanecer de pie en zonas cercanas a los bebederos como también a ubicarse en aquellos lugares del corral en donde haya mejor ventilación. Además, estos autores reportaron que en estas condiciones se puede observar una reducción en la agresividad del ganado.

Consumo de agua de bebida:

El consumo de agua de bebida resulta una de las formas más rápidas y eficientes que utiliza el animal para reducir su temperatura corporal. Según Arias (2006) el consumo de agua de bebida de bovinos en sistemas de feedlot puede variar desde 17,3 l/d en invierno, hasta 32,4 l/d en verano. Sin embargo, según Vidaurreta (2016) el consumo de agua en vacas lecheras también se modifica ante cambios en la temperatura: incrementos en la temperatura ambiental de 18 a 30°C determinaron aumentos del consumo del orden del 30%. Este autor plantea además que la exposición directa al sol también afecta el consumo de agua: en verano, vacas sin sombra pueden llegar a consumir hasta un 20% más de agua que aquellas que dispongan de este recurso.

Los sistemas Silvopastoriles:

En este contexto de condiciones meteorológicas extremas, los sistemas Silvopastoriles, una combinación entre árboles y arbustos con pastos y ganadería, resulta beneficiosa, aportando sombra en verano y abrigo en invierno, disminuyendo el estrés térmico en animales. Según González Páez (2013) los árboles combinan la protección del sol con el efecto de disminuir la radiación creada por la humedad evaporada de las hojas frescas. Las

sombras surgen como una alternativa para proteger a los animales de la radiación solar y se consideran la modificación básica y más importante de las condiciones ambientales para disminuir el efecto del calor por radiación. Según Lopez *et al.* (2007), la temperatura ambiente bajo la sombra de los árboles resulta entre 2 y 9°C menor a la registrada en las horas más calurosas del día en un sistema sin sombra natural. Estas mejores condiciones ambientales permiten a los animales aumentar las horas dedicadas al pastoreo, además de reducir el gasto energético de mantenimiento e incrementar la producción de carne (Velazco *et al.*, 2008; Carranza y Ledesma, 2009). Según Ghiano *et al.* (2014), los animales en ambientes cálidos logran reducir la carga calórica entre un 30 y 50 % bajo la sombra.

Materiales y Métodos

La información presentada en la presente exposición procede de varios años de estudio (datos recolectados desde el 2013 hasta 2020), con el objetivo de contrastar dos sistemas de producción bovina: Sistema Silvopastoril (SSP) vs Sistema a Cielo Abierto (SCA). Dichos sistemas de producción, creados con fines experimentales, se encuentran ubicados en el Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido (IIACS) del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), el cual se encuentra ubicado en el departamento Leales, provincia de Tucumán, Argentina (27º11´10.60´´S y 65º14´32.45´´O) a una altitud de 335 msm. Allí, el clima es del tipo subtropical subhúmedo con estación seca. La precipitación media anual es de 880 mm concentrados entre octubre y marzo. La temperatura media anual es de 19ºC, siendo la media del mes más cálido 25ºC y la del mes más frío 13ºC. El SSP está conformado por *Chloris gayana* cv Epica INTA-Pemán (Grama Rhodes Epica) como componente herbáceo y *Prosopis alba* en un marco de plantación de 10m x 10m como componente forestal. El SCA cuenta con *Chloris gayana* cv Epica INTA-Pemán, como componente herbáceo.

Estos sistemas se destinaron a la recría de vaquillonas Braford que ingresaron a ambos sistemas cada año, en el mes de julio y salieron en el mes de marzo del año siguiente. Cada año se trabajó con 48 animales que fueron asignados, en forma aleatoria, a 4 grupos de 12 animales cada uno. Dos grupos se sometieron al SSP y dos al SCA. Cada repetición (grupo de 12 vaquillonas cada uno) se manejó dentro de su sistema a través de un pastoreo rotativo en 3 parcelas de 0,9 ha cada una.

Las condiciones medioambientales de ambos sistemas fueron calculadas en los distintos años a través del registro de las siguientes variables: temperatura (T) y humedad relativa ambiente (HR) (Hygrochrom Ibutton®), temperatura de globo negro (TGN, con esferas plásticas negras de 8cm de diámetro con Thermochrom Ibutton®) y velocidad del viento (V). Las mismas fueron

registradas a 1,6m del suelo, cada 15 min. Con cada registro ambiental se calcularon dos índices: Índice de Temperatura y Humedad (ITH) e Índice de carga Térmica (HLI) utilizando las siguientes ecuaciones:

ITH=(1,81xT+32)-(0,55-0,55xHR/100)x(1,8xT-26), (Valtorta y Gallardo, 1996)
Para temperatura de globo negro (TGN) <25°C: HLI=10,66+(0,28×HR)+(1,3×TGN)–V
Para TGN>25°C: HLI= 8,62+(0,38×HR)+(1,55×TGN)–(0,5×V)+$e^{(2,4-V)}$,
(Gaughan *et al.*, 2008).

El comportamiento de los animales fue registrado en dos ciclos productivos (2018-2019 y 2019 -2020). Se trabajó con muestreo de barrido (sobre el total de los animales de cada repetición) y con muestreo focal sobre 3 animales de cada repetición que fueron individualizados a través de marcas realizadas por decoloración del pelaje. Las observaciones se realizaron en 6 jornadas distribuidas entre los meses de diciembre a marzo. En cada jornada se definieron 4 sesiones de observación, de 150 min de duración cada una, en cuatro horarios: mañana (7:00-9:30h), mediodía (10:00-12:30h), siesta (13:00-15:30h) y tarde (16:00-18:30h). En cada sesión se registró, cada 3 minutos, la cantidad de individuos (para muestreo de barrido) o de veces (para muestreo focal) en que los siguientes comportamientos fueron observados: Rumia echada, Rumia parada, Bebe, Locomoción, Echada, Parada, Pastoreo, Ramoneo. En el SSP se consideró la ubicación de los animales, registrándose las siguientes opciones: Bajo copa (BC) o Entre copa (EC). Los datos de comportamiento se transformaron mediante arcoseno (√proporción) y se analizaron a través de modelos lineales mixtos con Infostat 2014 y se compararon las medias con el test DGC (Di Rienzo *et al.*, 2014).

El consumo de agua de bebida fue registrado en 3 ciclos productivos (2013-2014 / 2018-2019 y 2019-2020) a través del uso de caudalímetros que se ubicaron en los bebederos de cada corral. En forma diaria se llevó un registró de los volúmenes de agua ingresados a cada bebedero y la estimación del consumo por animal se realizó dividiendo el valor registrado en las 12 vaquillonas de cada grupo.

Resultados y Discusión

Condiciones medioambientales de los sistemas:

Entre los años 2013-2014 las variables ambientales registradas en ambos sistemas fueron utilizadas para calcular el ITH. De esta manera, para cada mes del ensayo se estimó la proporción del tiempo durante el cual los animales estuvieron sometidos a los distintos rangos de este índice: normal (THI < 74), alerta (74 = THI = 79), peligro (79 < THI = 84) y emergencia (THI > 84). Luego

se sumó el tiempo en el que las condiciones medioambientales fueron iguales y ese valor se tradujo a horas (h) y luego a días (d). A través de la información obtenida, se pudo comprobar que las condiciones ambientales, valoradas a través del ITH, fueron similares entre ambos sistemas (SSP y SCA) para cada mes: Entre junio y septiembre el rango predominante de ITH en ambos sistemas fue el normal, registrándose estas condiciones en 624 h/mes, es decir, en 26 días de cada mes. Octubre y noviembre tuvieron un comportamiento similar entre ellos: 26 días del mes se presentaron con valores de ITH normal y 22,5 h/mes (es decir casi un día del mes) se registraron valores de ITH de emergencia (THI > 84). Diciembre y enero fueron los meses críticos: la sumatoria del rango de ITH normal se tradujo a un total de 12 días del mes, mientras que las condiciones de ITH de emergencia sumaron un total de 144 h, lo que se traduce a 6 días del mes bajo esas condiciones. Finalmente, los meses de febrero y marzo se comportaron de una manera intermedia a lo hallado entre noviembre y diciembre: la frecuencia de ITH normal se presentó en 408 hs/mes, lo que se traduce a 17 días, mientras que las condiciones de ITH de emergencia se presentaron en 72 h/mes (3 días/mes). Con estos resultados se pudo llegar a la conclusión de que el ITH sí permite diferenciar meses dentro de un sistema, pero no discriminar ambos sistemas en estudio desde el punto de vista ambiental.

En los años posteriores, durante los ciclos productivos 2018-2019 y 2019-2020, se registraron las variables ambientales en los meses que habían resultado más relevantes desde el punto de vista ambiental (diciembre a marzo). Las variables registradas en este caso, en ambos sistemas, permitieron calcular el ITH y también el HLI. Para el caso del ITH se volvió a trabajar con los rangos antes mencionados (normal, alerta, peligro y emergencia), mientras que para HLI se trabajó con 2 rangos: normal (HLI < 90) y estrés (HLI > 90). De esta manera, a diferencia de lo que se había obtenido en años anteriores, se pudo hallar diferencias entre los sistemas estudiados dentro de cada mes, obteniendo siempre mayores proporciones de condiciones de estrés (HLI > 90) en SCA respecto de SSP.
Los resultados hallados utilizando el HLI permiten hallar diferencias ambientales en ambos sistemas, lo que se asemeja a lo reportado por varios autores al aseverar que la sombra natural provista en los SSP mejora las condiciones ambientales para los animales respecto de los SCA (Lopez *et al.*, 2007; Velazco *et al.*, 2008; Carranza y Ledesma, 2009; Mancera & Galindo, 2011; González Páez, 2013; Ghiano *et al.*, 2014 y Huertas Canén, 2019)

Comportamiento animal:

Según Huertas Canén (2019), la observación del comportamiento animal y el confort térmico son de gran utilidad para evaluar el bienestar. El bienestar de

los animales se puede medir a través de indicadores basados en el animal siempre complementados por aquellos basados en el medio ambiente que rodea al animal, teniendo en claro que éstos últimos aislados no son suficientes para emitir una conclusión certera acerca del bienestar animal. Esta misma autora, citando a Ocampo *et al.* (2011), plantea que es evidente la necesidad de medir de alguna forma el bienestar animal a través de indicadores objetivos, válidos, confiables y prácticos, lo cual no resulta para nada sencillo. Propone entonces que la observación del comportamiento de los animales proporciona información interesante acerca de su bienestar, no es invasiva y se puede realizar a campo mediante la observación directa.

Durante las jornadas de evaluación comportamental, se pudo discriminar los comportamientos según los momentos del día (mañana, mediodía, siesta y tarde) y según los sistemas productivos (SSP y SCA). Lo que se observó, en relación a los momentos del día, es que en aquellas sesiones en las que el HLI fue máximo (mediodía y siesta) los animales de ambos sistemas destinaron más tiempo a beber, en relación al tiempo que destinaron a dicho comportamiento en las demás sesiones. Por su parte, las vaquillonas del SSP permanecieron más tiempo bajo la copa de los árboles, más tiempo echadas y echadas rumiando, respecto al tiempo que las vaquillonas del SCA destinaron a dichos comportamientos (Bottegal *et al.*, 2019).

En cuanto al contraste entre sistemas, los comportamientos beber, rumiar echada y locomoción se presentaron con mayor frecuencia en los animales sometidos al SCA respecto de aquellos sometidos al SSP (Bottegal *et al.*, 2019).

En cuanto al tiempo destinado a pastorear, los resultados obtenidos no permitieron diferenciar ambos sistemas, sin embargo, lo que sí se pudo comprobar es que, según el momento del día, dicho comportamiento se presenta en forma diferente en ambos tratamientos: los animales del SSP destinan mayor proporción de su tiempo a pastorear en las sesiones de menor rigurosidad ambiental, es decir, durante la tarde y la mañana: 67 y 55% del tiempo, respectivamente. Mientras que las vaquillonas del SCA destinan el mayor tiempo al pastoreo (60%) únicamente en las sesiones de la mañana (Bottegal *et al.*, 2019).

Consumo de agua de bebida:

El registro de consumo de agua (CDA) en el periodo 2013-2014 se realizó durante los meses de verano (diciembre a febrero). Mientras que para los ciclos 2018-2019 y 2019-2020, el registro se llevó a cabo entre los meses de julio a febrero.

Considerando todos los meses registrados para los periodos 2018-2019 y 2019-2020, se calculó el CDA promedio para cada sistema y se halló que en el SCA el CDA= 16,5 l/d, superando en un 62,2% al valor hallado en SSP (CDA=10,2 l/d.).

Considerando los meses más cálidos del año (diciembre, enero y febrero) y utilizando los datos de los 3 ciclos productivos, se halló que los valores de CDA fueron superiores en el SCA respecto al hallado en el SSP, mientras que no se halló diferencias entre estos meses para cada sistema. El CDA en SCA fue en promedio 21,7 l/d, superando en un 55,2% al valor hallado en SSP (14,0 l/d).

Lo interesante de los datos obtenidos no solo se asienta en visualizar los valores promedio de CDA para cada sistema, sino también en conocer los valores máximos que se pueden presentar en los mismos. En relación a ello, para el SSP el CDA máximo promedio se halló en el mes de diciembre y alcanzó un valor de 25, 2 l/d. Mientras que para SCA, dicho registro se presentó en el mes de enero, alcanzando un valor de 43,4 l/d (superando al de SSP en un 72,2%).

Según Vidaurreta (2016) no solo importa la cantidad y la calidad del agua ofrecida a los animales, sino también la temperatura de la misma. Este autor plantea que ofrecer agua a 10°C ha demostrado tener efectos positivos sobre el consumo de MS. Para ello, propone el uso de agua de pozo, de bebederos poco profundos con alta capacidad de recuperación, el aislamiento de los depósitos e incluso el uso de sombras sobre los bebederos.

Conclusiones

En relación a las condiciones medioambientales, los SSP resultan un sistema de producción alternativo que permite mitigar los efectos adversos del estrés por calor en ganado bovino de carne. El ITH no permite detectar diferencias entre los sistemas estudiados (SSP vs SCA). Por lo que éste índice pierde relevancia en condiciones subtropicales, al no considerar el efecto de la radiación solar (Bottegal *et al*., 2019). En contraposición, el HLI resulta una herramienta adecuada para la caracterización ambiental de los SSP. En cuanto al comportamiento animal, las vaquillonas recriadas en SSP utilizan la sombra de los árboles y modifican su patrón comportamental según los momentos del día, dependiendo de las condiciones ambientales imperantes. Aquellas sometidas al SCA presentan mayor tiempo de dedicación a la locomoción, al consumo de agua, a rumiar en posición parada y mayor nivel de jadeo respecto a las del SSP. El CDA es superior en el SCA respecto al SSP y resulta interesante considerar los elevados valores que pueden alcanzarse

en el consumo máximo de agua de bebida en ambos sistemas en los meses más cálidos del año.

Agradecimientos

La información aquí presentada pudo ser recolectada graciaS al inmenso aporte y compromiso de los investigadores del IIACS y del personal de apoyo que trabajamos conjuntamente en el "Silvo". A esto se suma la importante y valiosa colaboración por parte de docentes y alumnos avanzados de la FAZ-UNT. Se agradece el apoyo y financiamiento por parte de la Asociación Cooperadora INTA Leales y de los proyectos PNFOR – 1104075 INTA (2013-2019): "Tecnologías y capacidades para el manejo de sistemas silvopastoriles y agroforestales en bosques implantados"; PNPA – 1126024 INTA (2013-2019): "Bienestar animal y Calidad de carnes"; PEI 015 (2019-2022): "Sistemas silvopastoriles integrados hacia un manejo sustentable"; PEI 507 INTA (2019-2022): "Bienestar animal en las cadenas pecuarias de interés nacional: generación de herramientas para su promoción" y PIUNT A622/2 (2018-2021) "Indicadores de la nutrición y el bienestar animal en sistemas intensificados de producción bovina de carne".

Bibliografía

Araújo Marques, J., Cunha Leite, L., Moya Romero, D.C. 2011. Bienestar animal en sistemas silvopastoriles Animal welfare in silvopastoral systems. Rev. Colomb. Cienc. Anim. 4:80–87.

Arias, R.A. 2006. Environmental factors affecting daily water intake on cattle finished in feedlots. Master Thesis, University of Nebraska- Lincoln, Nebraska, USA.

Arias, R.A.; Mader, T. L. y Escobar, P.C. 2008. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. Arch. Med. Vet. 40, 7-22.

Barragán Hernandez, W.A., Mahecha Ledesma, L. y Cajas Girón, Y. S. 2015. Variables Fisiológicas- Metabólicas de Estrés Calórico en Vacas Bajo Silvopastoreo y Pradera sin Árboles. Agron. Mesoam. 26:211 223.

BelhadjSlimen, I., Najar, T., Ghram, A. & Abdrrabba, M. 2016. Heat stress effects on livestock: molecular, cellular and metabolic aspects, a review. J. Animal Physiology and Animal Nutrition. 100, 401-412.

Berry, I.L., Shanklin, M.D., Johnson, H.D.1964. Dairy shelter design based on milk production decline as affected by temperature and humidity. Trans ASAE 7, 329-331.

Bonilla A. 1999. El estrés en el Ganado. Revista Acovez, p.18-26.

Bottegal, D., Lara, J., Zimerman, M., Viana, H., Ballón, M. y Suarez, F. 2019. Índice de carga térmica vs índice de temperatura y humedad para evaluar sistemas silvopastoriles. Rev. Arg. de Prod. Anim Vol 39, Supl 1: 215.

Bottegal, D., Reifschneider, S., Torres, T., Gutiérrez, E., Viana, H., Zimerman, M., Rodríguez, S., Bianchi, E., Auat, M., Torres, J.C., Fiorenza, M., Mendez, P., Drube, M., Savino, L., Ballón, M., Suarez, F. y Lara, J. 2019. Efecto del estrés calórico sobre el bienestar animal de vaquillonas en un sistema silvopastoril respecto de uno pastoril sin sombra. En "Actas del X Congreso Internacional de Sistemas Silvopastoriles", Asunción, Paraguay, pp 61-68.

Brown-Brandl, T.M., Eigenberg, R.A., Nienaber, J.A. & Hahn, G. L. 2005. Dynamic response indicators of heat stress in shaded and nonshaded feedlot cattle, Part 1: Analyses of indicators. Biosystems Engineering 90, 451-462.

Brown-Brandl, T.M., Nienaber, j.a., Eigenberg, R.A., Mader, T.L., Morrow, J. L. & Dailey, J.W. 2006. Comparison of heat tolerance of feedlot heifers of different breeds. Livest Sci 105, 19-26.

Buffington, D.E., Colloazo-Arocho, A., Canton, G.H., Pitt, D., Thatcher, W.W., & Collier, R.J. 1981. Black Globe Humidity Index (BGHI) as Comfort Equation for Dairy Cows. Trans. ASABE. 24:711–714.Da Silva RG. 2006. Weather and climate and animal production. In: Update of the guide to agricultural meteorological practices. WMO-No.134 published in 1982.

Carranza, C.A. y Ledesma, M. 2009. Bases para el manejo de sistemas silvopastoriles. XIII Congreso Forestal Mundial. Buenos Aires, Argentina. 9 pp

Collier, R.J. & Zimbelman, R.B. 2007. Heat stress effects on cattle: What we know and what we don't know. 22nd Annual Southwest Nutrition & Management Conference, Tempe, Arizona, USA.

Da Silva, R.G. 2006. Weather and climate and animal production. In: *Update of the guide to agricultural meteorological practices*.WMO-No.134 published in 1982.

Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M., y Robledo, C.W. 2014. Infostat Versión 2014.

Gaafar, H.M.A., El-Gendy, M.E., Bassiouni, M.I., Shamiah, Sh.M., Halawa, A.A., Abu El-Hamd, M.A. 2011. Effect Of Heat Stress On Performance Of Dairy Friesian Cows 1- Milk Production And Composition Researcher;3(5)

Gaughan, J.B., Mader, T.L., Holt, S.M. & Lisle, A. 2008. A New Heat load Index for Feedlot Cattle. J. Anim. Sci. 86: 226–234.

Ghiano, J., Taverna, M., Gastaldi, L. y Walter, E. 2014. Manejo del estrés calórico. INTA Lechero. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta__-5_jornada_nacional_de_forrajes_conservados_-_m_3.pdf

González Páez, J.M. 2013. El estrés calórico en los bovinos. Sitio Argentino de Producción Animal, pp 68-74. Disponible en:www.produccionanimal.com.ar/etoligia_y_bienestar_en_bovinos/14-stres.pdf.

Hahn, G.L., Gaughan, J.B., Mader, T.L. & Eigenberg, R. A. 2009. Chapter 5: Thermal Indices and Their Applications for Livestock Environments. In J. A. DeShazer, ed. Livestock Energetics and Thermal Environmental Management, 113-130. St. Joseph, Mich.: ASABE. Copyright 2009 American Society of Agricultural and Biological Engineers.

Huertas Canén, S.M. 2019. El bienestar animal, condición de la ganadería en el mundo: oportunidades para el silvopastoreo. En “Actas del X Congreso Internacional de Sistemas Silvopastoriles”, Asunción, Paraguay, pp 33-44.

IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

López, F.; Gómez, R.; Harvey, C.; López, M. y Sinclair, F. 2007. Toma de decisiones de productores ganaderos sobre el manejo de los árboles en potreros en Matiguás, Nicaragua. Agroforesteria de las Américas 45, 93-100

Lorente Saiz, A. 2010. Ganadería y cambio climático: una influencia recíproca. GeoGraphos: Revista Digital para estudiantes de geografía y ciencias sociales. Disponible en: GeoGraphos: Revista Digital para Estudiantes de Geografía y Ciencias Sociales, Vol. 1, Nº. 3, 2010, ISSN-e 2173-1276,

Mader, T.L., Dahlquist, J.M., Hahn, G.L. & Gaughan, J.B. 1999. Shade and wind barrier effects on summer-time feedlot cattle performance. J Anim Sci 77, 2065-2072.

Mader, T.L., Davis, M.S. & Brown-Brandl, T.M. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. J Anim Sci 84, 712-719.

Mader, T. y Arias I., R. 2008. El manejo del estrés por calor en vacuno de carne. Publicación para veterinarios y técnicos del sector de animales de producción. Albeitar.asisvet. n° 116.

Mancera, A.K. & Galindo, F. 2011.Evaluation of some sustainability indicators in extensive bovine stockbreeding systems in the state of Veracruz. VI ReuniónNacional de Innovación Forestal p. 31, León Guanajauato, México.

Nardone, A., Ronchi, B., Lacetera, N., Ranieri, M.S. &Bernabucci, U. 2010. Effects of climate change on animal production and sustainability of livestock systems. Livest. Sci. 130, 57-69.

Ocampo, A., Cardozo, A., Tarazona, A., Ceballos, M. & Murgueitio, E. 2011. La investigación participativa en bienestar y comportamiento animal en el trópico de América: oportunidades para nuevo conocimiento aplicado. Revista Colombiana Ciencias Pecuarias 24, 332–346.

Sanker, C., Lambertz, C. & Gaulay, M. 2012. Climatic effects in central Europe on the frequency of medical treatments of dairy cows. Animal. 7: 316-321.

Silanikove, N. 2000. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. Livestock Production Sci. 67: 1-18.

Thom, E.C. 1959. The discomfort index. Weatherwise 12, 57-59.

Thornton, P. K., van de Steeg, J., Notenbaert, M. & Herrero, M. 2009. The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: a review of what we know and what we need to know. Agricultural Systems. 101: 113-127

Valtorta, S. y Gallardo, M. 1996. El estrés por calor en producción lechea. INTA Miscelánea, 81: 173-185.

Velazco, J. I., Rovira, P. J. y Esquivel, J. E. 2008. Efecto del acceso a sombra artificial en la tasa respiratoria y conducta de novillos pastoreando sudangrás durante el verano (Uruguay). Congreso Argentino de Producción Animal, 31, 2008, San Luis, Argentina. Revista Argentina de Producción Animal, v.28, no. 1 p. 301-302.

Vidaurreta, I. 2016. Calidad y disponibilidad de agua para los bovinos en producción. Vetifarma S. A. Disponible en: https://ganaderiasos.com/wp-content/uploads/2016/11/calidad-y-disponibilidad-de-agua-para-los-bovinos-en-produccic3b3n-1.pdf

Áreas prioritárias para inclusão de componente arbóreo e redesenho de sistemas pecuários no assentamento Belo Horizonte II, São Domingos do Araguaia-PA, Brasil

Priority areas for inclusion of arboreal component in livestock systems in the Belo Horizonte II settlement, São Domingos do Araguaia-PA, Brazil

Rosana Quaresma Maneschy, Igor Luiz Cunha Fernandes, Daniel de Araújo Sombra, Cláudio Henrique Sampaio Lopes

Núcleo de Meio Ambiente, Universidade Federal do Pará, romaneschy@ufpa.br

Resumen

A pesquisa teve como objetivo identificar áreas prioritárias para inclusão de componente arbóreo em sistemas pecuários para propor o redesenho da paisagem no assentamento Belo Horizonte II, no município de São Domingos do Araguaia – PA. Foi utilizado o método de modelagem de interpolação cartográfica a partir dos dados geoespaciais extraídos da base TerraClass, com suas classes de uso para vetorização para os anos de 2004, 2008, 2010, 2012, 2014. 2004, 2008, 2010, 2012, 2014 para identificação de nascentes e proposição de modelagem de acordo com o estabelecido pelo Código Florestal Brasileiro. A partir dos resultados, foi proposta modelagem da paisagem, conforme as características biofísicas da localidade e a legislação vigente. Observou-se que deve ser prioritária a recomposição das áreas de proteção permanente do assentamento e nas áreas de uso a adoção de sistemas agroflorestais pecuários.

Palabras clave: *Agrossilvicultura, Amazônia, Área de Proteção Permanente, Paisagem rural, Silvipastoril.*

Abstract

The research aimed to identify priority areas for inclusion of arboreal component in livestock systems to propose the redesign of the landscape in the settlement Belo Horizonte II, in the municipality of São Domingos do Araguaia - PA. The cartographic interpolation modeling method was used from the geospatial data extracted from the TerraClass base, with its use classes for vectorization for the years 2004, 2008, 2010, 2012, 2014. 2004, 2008, 2010, 2012, 2014 for identification of springs and modeling proposal in accordance with the established by the Brazilian Forest Code. From the results, modeling of the landscape was proposed, according to the biophysical characteristics of the locality and the current legislation. It was

observed that the restoration of the settlement's permanent protection areas and the adoption of livestock agroforestry systems should be a priority.

Key words: *Agroforestry, Amazon, Permanent Protection Area, Rural landscape, Silvipastoril.*

Introducción

A atividade pecuária está presente em grande parte dos assentamentos rurais na Amazônia, principalmente por ter como característica poucas exigências para sua implantação e o baixo custo de manutenção. A atividade tem mercado garantido mesmo em momentos de crises econômicas (ALENCAR *et al*., 2016; SOARES *et al*., 2016), todavia é relacionada como o principal vetor de desmatamento (COSTA; SOARES, 2021) e da perda de biodiversidade em função da conversão de florestas em áreas de pastagens e do uso de sistemas predominantemente extensivos.

Apesar das pesquisas apontarem a necessidade de mudanças estruturais nos sistemas pecuários da região a fim de garantir maior sustentabilidade para a atividade e proteção ao Bioma, a adoção de sistemas agroflorestais em grande parte dos estabelecimentos ainda encontra resistências, de ordem financeira (o possível custo da implantação de mudanças), falta de assistência técnica ou questões de ordem cultural-ideológica (Dias Filho e Andrade, 2006). Assim, acredita-se que o caminho para a realização dessas mudanças seria partir para a recuperação de áreas degradadas, as quais se encontram atualmente improdutivas ou subutilizadas, e que podem estar impactando nas microbacias e acesso à água para a manutenção dos sistemas produtivos.

A pesquisa teve como objetivo identificar áreas prioritárias para inclusão de componente arbóreo em sistemas pecuários para propor o redesenho da paisagem no assentamento rural Belo Horizonte II, no caso de adoção de estratégias de incorporação do componente arbóreo na paisagem rural.

Materiales y Métodos

A pesquisa foi realizada no município de São Domingos do Araguaia (PA), no assentamento Belo Horizonte I, o qual possui uma área total de 35,22 km² (criado em 2003, mas cuja ocupação remonta aos anos 1980), situado no km 30 da Rodovia BR-153 (ponto de referência: 5º 47’ 15,4” S; 48º 39’ 26,9” W) (Figura 1).

O clima local é de Afi no limite de transição para Awi com temperatura média de 28,0 ºC, caracterizado por um período menos chuvoso entre os meses de

maio e outubro e um período mais chuvoso entre os meses de novembro a abril (GUIMARÃES *et al*., 2013).

Foi utilizado o método de modelagem de interpolação cartográfica. Nesse modelo, os dados geoespaciais pontuais foram utilizados para construir uma função polinomial, definida através da curva de regressão da classe de uso "floresta primária" e da curva de progressão da classe de uso "pasto".

Os dados geoespaciais utilizados foram extraídos da base TerraClass, construída pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), através de seu Centro Regional da Amazônia, e pela Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (EMBRAPA), em sua sessão na Amazônia Oriental. A base TerraClass trabalha com o processo de vetorização de imagens LANDSAT, com os sensores TM e Modis. A metodologia de vetorização é descrita por Almeida *et al*. (2016).

As classes de uso disponibilizadas na base TerraClass são Agricultura Anual, Mosaico de Ocupações, Pasto limpo, Pasto com Solo Exposto, Pasto Sujo, Regeneração com Pasto, Área não observada, Área Urbana, Desflorestamento, Floresta, Hidrografia, Não floresta, Outros, Mineração, Reflorestamento e Vegetação Secundária (ALMEIDA *et al*., 2016).

Os dados vetoriais produzidos na escala de 1:100.000 estão disponibilizados na escala do município de São Domingos do Araguaia pelo repositório do INPE (c2019). O Sistema de Informações Geográficas (SIG) foi utilizado para seccionar o limite da área de estudo e projetar as curvas das funções simples de expansão e regressão de cada classe de uso. Foram feitos cálculos de área para cada classe de uso para os anos disponibilizados na base TerraClass: 2004, 2008, 2010, 2012, 2014.

Em um segundo momento, se acrescentou variáveis arbitrárias nas funções. A primeira delas foi a extensão pretendida para as áreas de preservação permanente (APP), de acordo com o estabelecido pelo Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012). Para a identificação dos pontos de nascentes através dos vales, fez-se uso de imagens SRTM (micro-ondas), disponibilizadas no repositório Topodata (INPE, c2008). Para confirmação da existência atual de nascentes, fez uso de imagens de Satélite CBERS-4, sensor MUX (espectro eletromagnético visível), disponibilizadas no repositório Catálogo de Imagens (INPE, c2006), para o ano de 2019.

Posteriormente, partiu-se para a consideração dos elementos pedológicos e foi utilizada a base cartográfica de solos do IBGE (c2021) na escala de 1:250.000. Por fim, o terceiro passo foi a ponderação propriamente dita das classes de uso e sua evolução no assentamento. Após a definição da área

prioritária, alterou-se o algoritmo para que a mudança de paisagem ocupasse o máximo de 10% da extensão da área total do Assentamento. E nessas áreas indicamos a recomposição do componente arbóreo a partir de arranjos agroflorestais pecuários e as espécies a serem utilizadas de acordo com a literatura especializada.

Resultados y Discusión

O assentamento está localizado no município de São Domingos do Araguaia, que faz parte do "Programa Municípios Verdes (PMV)[15]", cuja cobertura florestal abrange 30% do território do Estado do Pará (IDESP, 2011).

Verificou-se que os cursos d'água presentes possuem extensão inferior a dez metros. Portanto, de acordo com o estabelecido pelo Código Florestal Brasileiro, esses cursos d'água devem ter extensão de trinta metros de área de proteção permanente (APP) em cada uma de suas margens (BRASIL, 2012).

Foram identificadas 149 nascentes no assentamento e ao comparar com as APP previstas em lei, e as APP realmente existentes em 2019, a área de APP prevista em lei deveria alcançar 6,11 km², mas há, de fato, apenas 1,99 km² ocupados com a vegetação ciliar (Figura 2). A área de pasto ultrapassou os limites previstos para a APP. Assim, a primeira variável arbitrária colocada na função da modelagem foi a mudança da classe de uso de pasto para vegetação florestal nas áreas de APP previstas em lei.

Em termos de pedologia, observou-se que existem três conjuntos de solos: a) o Neossolo Quartzarênico ocupa 68,83% da área (22,48 km²); b) o Neossolo Litólico ocupa 35,52% da área (12,51 km²); e, c) o Argissolo Vermelho amarelo ocupa somente 00,65% da área (0,23 km²) (Figura 3).

De acordo com IBGE (2007), o Argissolo Vermelho amarelo tende a apresentar caráter eutrófico ou distrófico, porém, raramente com alta saturação por alumínio. Isso indica de baixa a média fertilidade natural. Assim, são solos indicados para pastagens e culturas menos exigentes de nutrientes. Quanto aos Neossolos Litólicos, a sua fertilidade está

[15] É um programa do Governo do Pará desenvolvido em parceria com municípios, sociedade civil, iniciativa privada, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (Ibama) e Ministério Público Federal (MPF). O PMV tem como objetivo combater o desmatamento no Estado, fortalecer a produção rural sustentável por meio de ações estratégicas de ordenamento ambiental e fundiário e de gestão ambiental, com foco em pactos locais, no monitoramento do desmatamento, na implantação do Cadastro Ambiental Rural (CAR) e na estruturação da gestão ambiental dos municípios participantes.

condicionada à soma de bases e à presença de alumínio, sendo maior nos eutróficos e mais limitada nos distróficos e álicos.
Os teores de fósforo tendem a ser baixos em condições naturais. Em geral, são solos adequados para preservação de fauna e flora. O baixo teor de nutrientes essenciais no solo (principalmente fósforo), o baixo nível tecnológico e a falta de conhecimento técnico fizeram os sistemas pecuários sofrerem perdas significativas de fertilidade e aumento da presença de plantas daninhas. Para Dias Filho (2017), esses são fatores preponderantes para a degradação química e biológica das pastagens, provocando prejuízos econômicos e ambientais.

Já no que tange aos Neossolos Quartzarênicos, de acordo com IBGE (2007), esses possuem teores muito baixos de matéria orgânica, fósforo e micronutrientes. A lixiviação de nitrato é intensa devido à textura essencialmente arenosa. Por isso, quando desmatados, estes solos costumam estar fortemente associados à erosão e assoreamento de cursos d'água. Assim, costumam ser solos indicados para o reflorestamento, embora sejam muito usados para cultura de caju e cana-de-açúcar no Nordeste (IBGE, 2013).

Diante dessas características apontada por IBGE (2007; 2013), considerando prioritários o combate à lixiviação, erosão e assoreamento dos cursos d'água, conforme preconizado pela Política Nacional dos Recursos Hídricos (BRASIL, 1997), criou-se uma curva de tendência de concentra a mudança de paisagens (de classes de uso) nas áreas com Neossolos Quartzarênicos.
O uso predominante do solo no assentamento é a pastagem. Pastos limpos indicam uma área efetivamente em uso para o gado. Pastos sujos indicam uma área menos usada, e no limite, mais abandonada. Que é o caso do assentamento, em que houve um aumento progressivo da vegetação secundária e do pasto sujo. As áreas mais resilientes de pasto limpo foram consideradas prioritárias para o uso pecuário efetivo, e por isso foram escolhidas para a manutenção do uso pasto, a não ser o caso das áreas de APP, conforme já ressaltado. Nas áreas com pasto sujo, pasto com regeneração e vegetação secundária foram consideradas as prioritárias para o redesenho da paisagem.

Observou-se que houve coincidência de pontos, pois a maior parte da área ocupada com pasto sujo coincide com a área ocupada por Neossolos Quarzarênicos. A interpolação dos pontos leva à segunda sugestão de mudança de paisagem (a primeira, conforme dito, diz respeito simplesmente à extensão da vegetação ciliar nas APP conforme a área prevista em lei), produzindo, assim, uma área prioritária para o reflorestamento. Essa área prioritária se obtém através do cruzamento (interpolação simples) do maior

desvio padrão da mudança de cobertura pasto limpo para outro uso com a concentração de Neossolos Quartzarênicos e áreas de APP (Figura 4).

A área prioritária gerada, por interpolação simples, engloba a concentração dos Neosssolos Quartzarênicos, a concentração maior de áreas de APP e as áreas que demonstraram tendência de mudança de uso de pasto limpo para pasto sujo e de pasto sujo para vegetação secundária entre 2004 e 2016. A área prioritária para reflorestamento ocupa 15,69 km² (44,5% da área total do assentamento) (Figura 5).

Com essa limitação arbitrária, chegou-se a uma área prioritária englobada em um polígono de 3,5 km², a qual é ocupada por Neossolos Neoquatzarênicos, conectando duas áreas com crescente vegetação secundária, produzindo um "corredor de vegetação florestal". Nessa área prioritária ocupando 10% da área total do assentamento, a mudança de paisagem seria de pasto sujo para área reflorestada (Figura 6).

Apesar das políticas públicas federais existentes e linhas de crédito específicas que podem auxiliar na reabilitação de áreas degradadas a partir da implantação de sistemas agroflorestais (SAFs), são poucas as iniciativas na região, seja por falta de assistência técnica ou acesso a linhas de crédito (Costa *et al*., 2018). A dificuldade para a recuperação de áreas de APP em assentamentos rurais pode estar também relacionada a falta de madeira para cercar e isolar as áreas (Andrade-Nunes *et al*., 2020), uma vez que essa seria uma forma mais simples de conduzir a regeneração a partir do estabelecimento de espécies de forma natural após a retirada dos fatores de degradação (Le Preste e Sasson, 2015).

As cercas vivas podem contribuir para a conservação de biodiversidade em paisagens agrícolas (Harvey *et al*., 2003) e segundo Andrade-Nunes *et al*. (2020) o uso de cercas vivas já foi testado no assentamento e os agricultores consideraram a experiência positiva com o uso da gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp.). Maneschy *et al*. (2011) recomendam para a composição de cercas vivas as espécies de ocorrência espontânea em áreas de pastagens na região, a saber: espinheiro preto (*Acacia glomerosa* Benth.), caju (*Anacardium occidentale* L.), angelim pedra (*Andira anthelmia* (Vell.) J. F. Macbr.), graviola (*Annona muricata* L.), mungulu (*Erythina glauca* Willd.), mutamba preta (*Guazuma ulmilifolia* Lam.), burdão de velho (*Samanea saman* (Jacq.) Merr.), taperebá (*Spondias mombin* L.), jacarandá (*Machaerium acutifolium* Vog) e ipê amarelo (*Tabebuia serratifolia* (Valh) G. Nicholson).

Queiroz *et al*. (2020) analisaram sistemas silvipastoris (SSP) com a utilização de cercas vivas de gliricída e burdão de velho comparados aos sistemas

pecuários tradicionalmente utilizados nos assentamentos e concluiu que "quando comparado aos modelos baseados na monocultura o ganho econômico-financeiro produzido pelos SAFs é real e independente da taxa de juros adotada têm como resultado a elevação do nível de renda do produtor". Os SSPs possuem um período menor de retorno do investimento tendo em vista que o uso de cercas vivas minimiza os gastos com implantação e manutenção de cercas.

Nas áreas de manutenção de uso da atividade pecuária se recomenda-se prioritariamente o manejo da regeneração natural do componente arbóreo em áreas de pastagem (Maneschy *et al*., 2011) com ênfase em espécies forrageiras em função da baixa qualidade nutricional das pastagens sobretudo no período seco do ano (Maneschy *et al*., 2012), o uso de cercas vivas para delimitar as áreas de pastejo (Andrade-Nunes *et al*., 2020) e o uso de bancos forrageiros de pastejo direto com lenhosas (Andrade *et al*., 2013; Costa *et al*., 2013) para os assentados que trabalham com gado leiteiro.

Apesar de já existirem estudos que indiquem espécies, manejo e as vantagens econômicas da incorporação do componente arbóreo nos sistemas pecuários, ainda é necessária uma política pública municipal que estimule a implantação destes sistemas associada ao trabalho da assistência técnica local. Pois a dinâmica de mudanças de uso da terra ao longo dos anos no PA Belo Horizonte I seguiu a mesma tendência observada no município São Domingos do Araguaia com a predominância na atividade pecuária (Curcino e Maneschy, 2019).

Conclusiones

Verificou-se que existem intensas áreas de pastagens degradadas, impulsionadas pela expansão e intensificação da pecuária tradicional na região de 2004 a 2014.

A implantação de sistemas agroflorestais pecuários, tendo como prioridade a reabilitação de áreas degradadas a partir da recuperação de áreas de proteção permanente pode auxiliar na manutenção de processos ecológicos essenciais, na manutenção da biodiversidade local e dos serviços ecossistêmicos, a fim de conferir maior sustentabilidade aos agroecossistemas locais.

Bibliografía

Alencar, A., Pereira, C., Castro, I., Cardoso, A., Souza, L. R., Costa, R., Bentes, A. J., Stella, O., Azevedo, A., Gomes, J., Novaes, R. 2016. Desmatamento nos Assentamentos da Amazônia. Histórico, Tendências e Oportunidades. IPAM, Brasília, pp. 93.

Almeida, C. A., Coutinho, A. C., Esquerdo, J. C. D. M., Adami, M., Venturieri, A., Diniz, C. G., Dessay, N., Duriex, L., Gomes, A. R. 2016. Mapeamento do uso e cobertura da terra na Amazônia Legal

Brasileira com alta resolução espacial utilizando dados LANDSAT-5/TM e Modis. Acta Amazônica, Manaus, 46:3, 291-302.

Andrade, H. S., Maneschy, R. Q., Brito, M. A., Silva Junior, D. R. C., Pantoja, M. S. 2013. Massa de forragem e qualidade nutricional da gliricídia em Marabá, Pará. Enciclopédia Biosfera, 9, 1834-1841.

Andrade-Nunes, H, S. de Maneschy, R. Q., OLIVEIRA, G. F., CORREA, I. L. F., BRITO, M.A. 2020. Implantação inicial de cercas vivas de gliricídia (Gliricidia sepium) em criações de bovinos de agricultores familiares através do método da pesquisa-ação. Agricultura familiar (UFPA), 14, 165-183.

Brasil. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa [...] e dá outras providências. Casa Civil, Brasília. Disponível em: <https://cutt.ly/HmY42e7>. Acesso em: 10/7/2021.

Brasil. Lei nº 9.433, de 12 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos [...]. Casa Civil, Brasília. Disponível em: <https://bityli.com/l2jH7>. Acesso em: 10/7/2021.

Costa, F. E. V., Soares, D. A. S. 2021. Bacia Hidrográfica do Rio Caeté (Pará/Brasil): cobertura e usos da terra e principais problemas ambientais. In: Silva, C. N.; Rocha, G. M.; Silva, J. M. P.; Carvalho, A. C. Uso de recursos naturais na Amazônia paraense. GAPTA/UFPA, Belém, pp. 265-299.

Costa, K. C. G., Maneschy, R. Q., Castro, A. A., Guimarães, T. P., Oliveira, I. K. de S. 2013. Avaliação da qualidade nutricional da leucena em banco forrageiro de corte no sudeste do Pará. Revista Agroecossistemas, 3, 1-7.

Costa, K. C. G., COSTA JUNIOR, J. S., MANESCHY, R. Q., QUEIROZ, J. F. 2018. A implantação de sistemas agroflorestais via PRONAF floresta no Sudeste do Pará. Cadernos de Agroecologia, 13, 1-5.

Curcino, L. N., Maneschy, R. M. 2019. Modelagem de paisagens com sistemas agroflorestais no Bioma Amazônia. Anais Seminário de iniciação científica da universidade federal do Pará. UFPA, Belém, Brasil.

Dias-Filho, M. B. 2017. Degradação de pastagens: o que é e como evitar. Embrapa, Brasília, pp. 19.

Dias-Filho, M. B., Andrade, C. M. S. 2006. Pastagens no trópico úmido. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, pp. 31.

Guimarães, T. P., Maneschy, R. Q., Hentz, A. M., Castro, A. A., Oliveira, I. K. de S., Guerra Costa, K. C. 2013. Crescimento inicial de açaízeiro em sistema agroflorestal no P. A. Belo horizonte I, São Domingos do Araguaia, Pará. Revista Agroecossistemas, 3:1, 30-35.

Harvey, Célia A. *et al*. Contribución de las cercas vivas a la productividad e integridad ecológica de los paisajes agrícolas en América Central. 2003.Agroflosterías en las Américas. 10:39-40, 30-39. Disponível em: http://201.207.189.89/bitstream/handle/11554/5963/Contribucion_de_las_cercas.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 29 maio 2021.

Ibge. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. c2021. Geociências. IBGE, Rio de Janeiro. Disponível em: <https://bityli.com/m4D7G>. Acesso em: 10/7/2021.

Ibge. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2007. Manual técnico de pedologia. IBGE, Rio de Janeiro.

Ibge. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2013. Manual técnico de uso da terra. IBGE, Rio de Janeiro.

Idesp. Instituto de Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental do Pará. Relatório de pesquisa: perfil da gestão ambiental dos municípios no Estado do Pará. Belém: Diretoria de pesquisa e estudos ambientais. 2011

Inpe. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Catálogo de Imagens. c2006. INPE, São José dos Campos. Disponível em: <https://cutt.ly/dmY75ny>. Acesso em: 10/7/2021.

Inpe. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. c2019. TerraClass. INPE, Belém. Disponível em: <https://bityli.com/TyQH9>. Acesso em: 10/7/2021.

Inpe. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Topodata. c2008. INPE, São José dos Campos. Disponível em: <https://bityli.com/3drY6>. Acesso em: 10/7/2021.

Le Preste, P.; Sasson, J. M. W. 2015. Guia Prático para Elaboração de Projetos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) em APP. IBAM-PQGA (Nota técnica n. 03/2015).

Maneschy, R. Q., Oliveira, I. K. de S., Guimarães, T. P., Oliveira, P. D., Castro, A. A. 2011. Manejo da regeneração natural de espécies arbóreas na pastagem como alternativa silvipastoril para a sustentabilidade da agricultura familiar no sudeste do Pará. In: Andréa Hentz de Mello; Rosana

Quaresma Maneschy. (Org.). Práticas Agroecológicas: Soluções sustentáveis para a agricultura familiar na região sudeste do Pará. Paco Editorial, Jundiaí, pp. 289-306.

Maneschy, R. Q., Guerra Costa, K. C., Guimarães, T. P., Oliveira, I. K. de S., Castro, A. A. 2012. Concentração de microminerais na pastagem de braquiarão arborizada com mutamba preta em São Domingos do Araguaia, Pará. Anais VII Congresso latino americano de sistemas agroflorestais para a produção pecuária sustentável. UFPA, Belém, Brasil. CD-ROM.

Queiroz, J. F., Maneschy, R. Q., Filgueiras, G. C., Homma, A. K. O. 2020. Indicadores de viabilidade econômica para sistemas agroflorestais pecuários no sudeste do Pará. Universidade e Meio Ambiente, 5, 39-52.

Soares, D. A. S., Leite, A. S., Lobato, M. M., Castro, C. J. N. 2016. Usos dos território em Paragominas (PA): espaço geográfico e classes sociais. Revista Tocantinense de Geografia, 5: 8, 1-29,. DOI: 10.22241/2317-9430/rtg.v5n8p1-28.

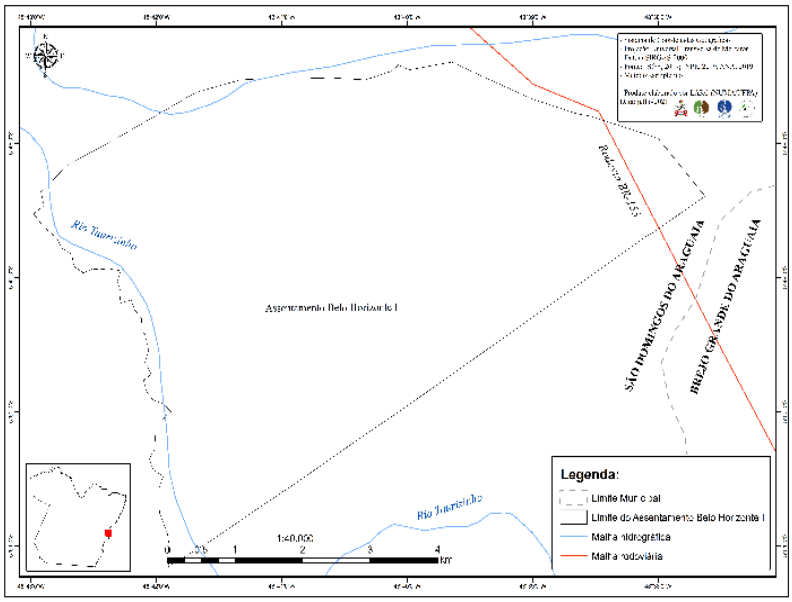


Figura 1. Localização da área de estudo, assentamento Belo Horizonte II, São Domingos do Araguaia, PA.
Fonte: Elaboração dos autores.

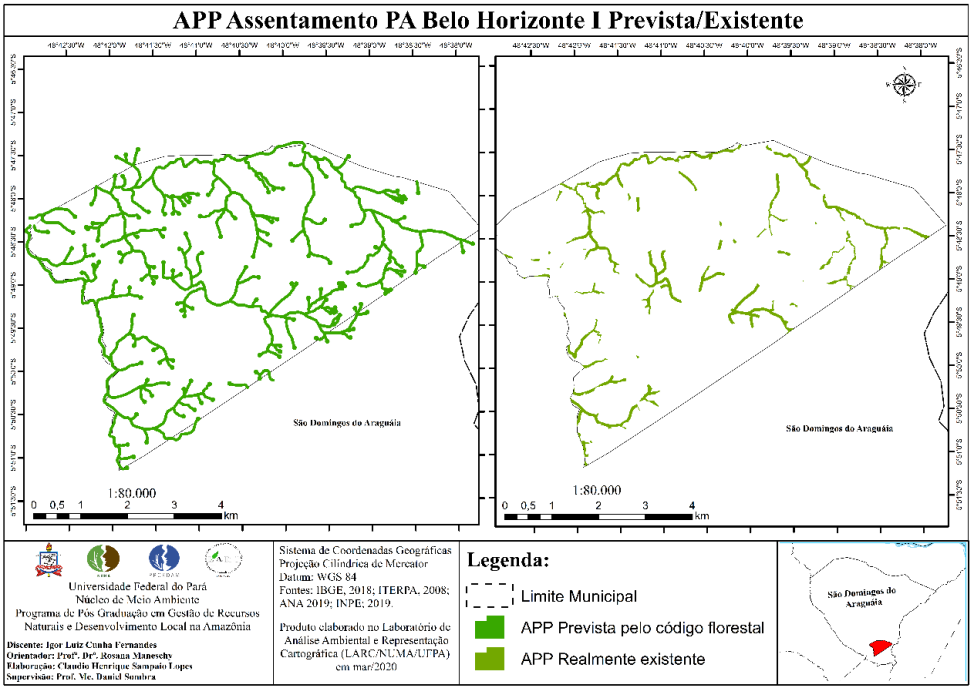


Figura 2. Localização da área de proteção permanente (APP) existente e prevista de acordo com o Código Florestal Brasileiro, assentamento Belo Horizonte II, São Domingos do Araguaia, PA.
Fonte: Elaboração dos autores.

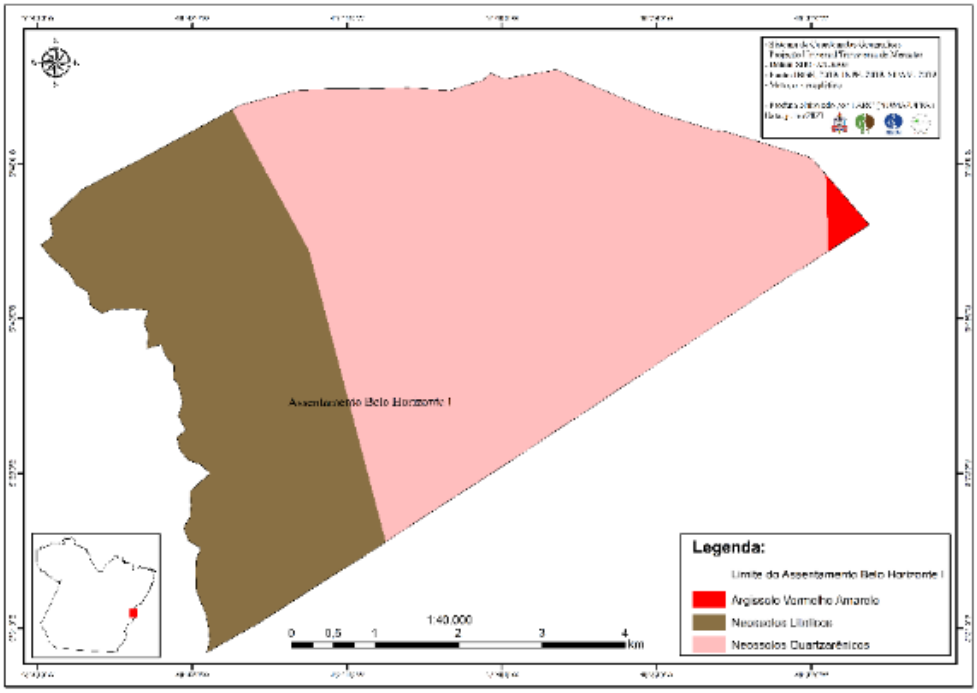


Figura 3. Tipos de solos no assentamento Belo Horizonte II, São Domingos do Araguaia, PA.
Fonte: Elaboração dos autores.

INICIO
CRÉDITOS
COMITÉS
CONTENIDO
SECCIÓN I
SECCIÓN II
SECCIÓN III
SECCIÓN IV



Figura 4. Uso do solo nos anos de 2004, 2008, 2010, 2012, 2014, assentamento Belo Horizonte II, São Domingos do Araguaia, PA.
Fonte: Elaboração dos autores.

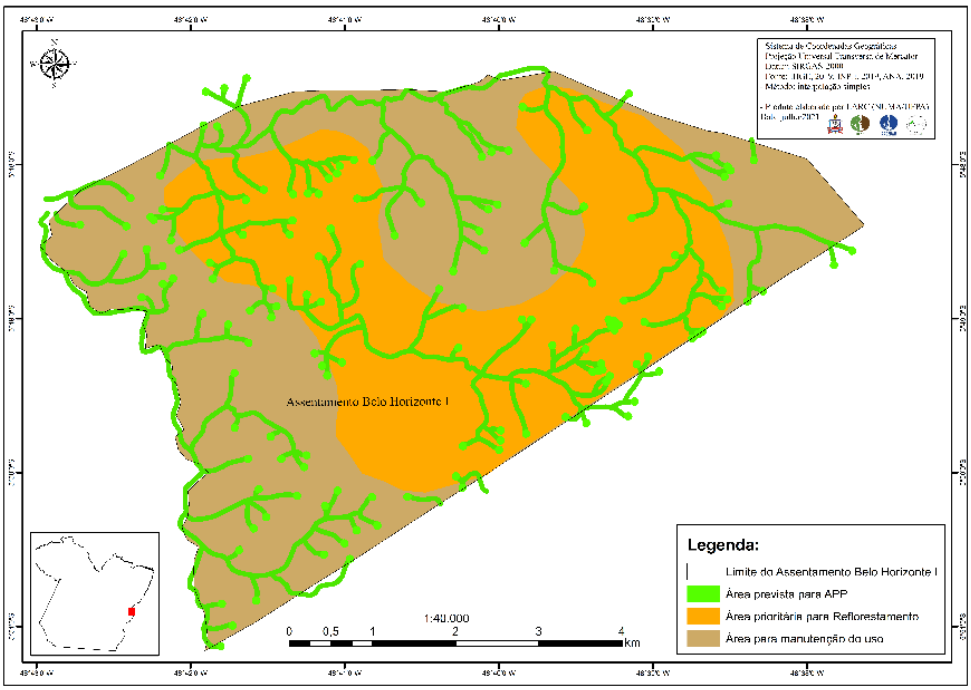


Figura 5. Identificação da área prioritária para reflorestamento, assentamento Belo Horizonte II, São Domingos do Araguaia, PA.
Fonte: Elaboração dos autores.

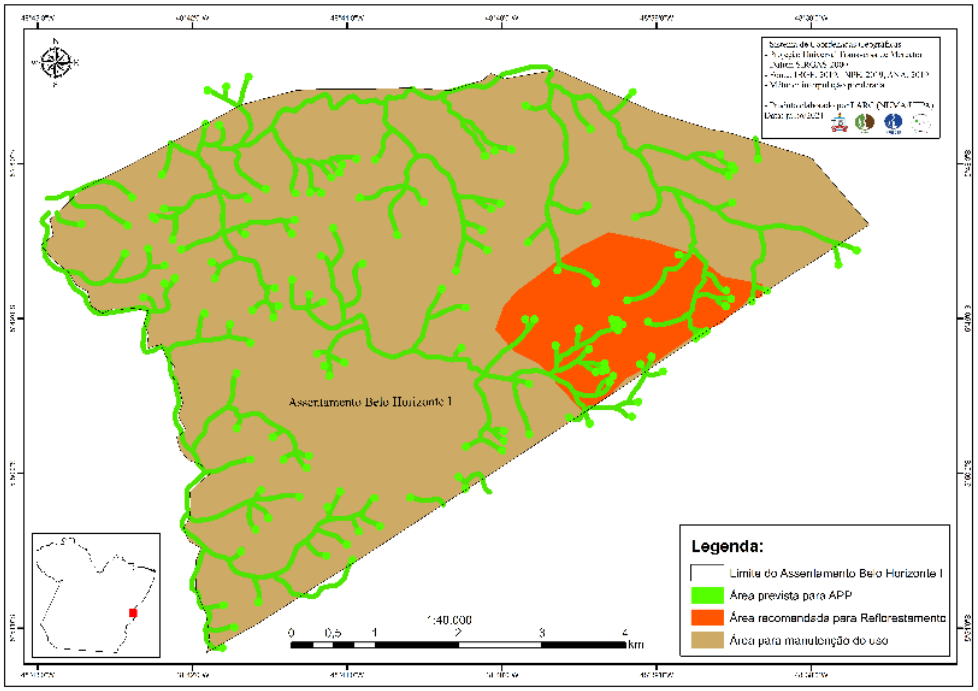


Figura 6. Localização da área de proteção permanente (APP) existente e prevista de acordo com o Código Florestal Brasileiro, assentamento Belo Horizonte II, São Domingos do Araguaia, PA.
Fonte: Elaboração dos autores.

Efecto del consumo de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray en la generación *in vivo* de CH_4 y la producción de leche bovina, en el Piedemonte Amazónico Colombiano

Effect of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray intake on *in vivo* CH_4 generation and bovine milk production in the Colombian Amazon piedmont

J. E. Rivera[1]; G. Villegas[1]; A. R. Chindicué[2]; J. Chará[1]; S. Durango[3]; M. Romero[3]; L. Verchot[3]

[1]Centro Para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria — CIPAV, Carrera 25 # 6 — 62, 760002. Cali, Colombia. jerivera@fun.cipav.org.co; [2]Finca El Volga, El Doncello, Caquetá; [3]Alianza Bioversity Internacional y el Centro Internacional de Agricultura Tropical, Km 17 recta Cali-Palmira, Cali, Colombia.

Resumen

En los últimos años *T. diversifolia* ha demostrado su potencial para mejorar la eficiencia fermentativa, incrementar la productividad animal y reducir las emisiones de CH_4 por fermentación entérica en bovinos. El objetivo de esta investigación fue determinar bajo condiciones *in vivo,* el efecto del consumo de *T. diversifolia* en la generación de CH_4 producto de la fermentación entérica y en la producción de leche en vacas doble propósito. Se utilizó la técnica de Politúnel y se evaluaron dos dietas (Dieta 1: *Urochloa humidicola* 100%*;* Dieta 2: *T. diversifolia* 15% + *U. humidicola* 85%) durante un periodo de 30 días bajo un diseño de bloques completos al azar. El consumo de *T. diversifolia* incrementó la producción de leche ($p = 0.0052$) (4.32 *vs.* 4.73 kg de LCGP/animal/día para las Dieta 1 y 2, respetivamente), el consumo voluntario de forraje no tuvo diferencias ($p = 0.7906$) y las emisiones de CH_4 disminuyeron con la oferta de *T. diversifolia* en todas las variables medidas ($p<0.05$); las emisiones por animal/día, por kg de MS consumida y por kg de LCGP tuvieron disminuciones del 4.7, 5.5 y 17.9%, respectivamente cuando se incluyó *T. diversifolia* en la dieta. Se concluye que el consumo de esta especie bajo arreglos silvopastoriles puede ser una herramienta de mitigación de GEI y de incremento de la producción animal en el Piedemonte Amazónico.

Palabras clave: *arbusto forrajero, botón de oro, fermentación entérica, mitigación de GEI, pastoreo, sistemas silvopastoriles.*

Abstract

In recent years, *T. diversifolia* has demonstrated its potential to increase fermentation efficiency, improve animal productivity and reduce enteric CH_4

emissions in cattle. The objective of this research was to determine under *in vivo* conditions, the effect of *T. diversifolia* consumption on enteric fermentation, CH_4 generation and milk production in dual-purpose cows. The Polytunnel technique was used and two diets (Diet 1: *Urochloa humidicola* 100%; Diet 2: *T. diversifolia* 15% + *U. humidicola* 85%) were evaluated during a 30-days period under a randomized complete block design. *T. diversifolia* consumption increased milk production ($p = 0.0052$) (4.32 *vs.* 4.73 kg FPCM/animal/day for Diets 1 and 2, respectively), voluntary forage consumption had no differences ($p = 0.7906$) and, in terms of CH_4 emissions *T. diversifolia* decreased values in all measured variables ($p<0.05$); emissions per animal/day, per kg DM intake and per kg of FPCM decreased 4.7, 5.5 and 17.9%, respectively with the introduction of *T. diversifolia*. It is concluded that the consumption of *T. diversifolia* under silvopastoral arrangements can be an alternative to mitigate GHG and increase animal production in the Colombian Amazon Piedmont.

Keywords: *enteric fermentation, fodder shrub, GHG mitigation, grazing, Mexican sunflower, Silvopastoral systems.*

Introducción

El metano (CH_4), a pesar de su relativa corta vida en la atmósfera (12 a 15 años), es el segundo gas de efecto invernadero (GEI) más importante y tiene un efecto potencial de calentamiento global 28 veces superior al del dióxido de carbono (CO_2) (Cubasch *et al*., 2013). Se estima que el sector ganadero aporta el 14.5% de las emisiones mundiales de GEI y el CH_4 procedente de la fermentación entérica de los rumiantes representa el 39.1% del total de las emisiones del sector (Gerber *et al*., 2013).

En los climas tropicales, la alimentación de los rumiantes se basa principalmente en el uso de forrajes de baja calidad, lo que no solo genera una baja productividad, sino que también aumenta las emisiones de CH_4 (Kennedy y Charmley, 2012; Ku-Vera *et al*., 2020). Frente a los problemas climáticos actuales y a las altas cantidades de GEI generadas por los sistemas ganaderos, se han dedicado grandes esfuerzos en investigación sobre la reducción del CH_4 entérico mediante prácticas de alimentación que alteran la fermentación ruminal con el potencial de incrementar la productividad (Ku-Vera *et al*., 2020).

En los últimos años, los arbustos y árboles tropicales como *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray., han despertado el interés por parte de los investigadores debido a su potencial para incrementar la eficiencia fermentativa y reducir las emisiones de CH_4 entérico, en comparación con las especies forrajeras tradicionalmente ofrecidas en dietas pastoriles (Terry *et*

al., 2016; Ribeiro *et al.,* 2016; Galindo-Blanco *et al.,* 2018). Los beneficios de *T. diversifolia* están dados por su mayor calidad nutricional basada en altos contenidos de proteína cruda, minerales y energía, bajos valores de fibra, alta degradabilidad, presencia de compuestos fitoquímicos, y por su capacidad de adaptación a diferentes condiciones edafoclimáticas (Chagas-Paula *et al.,* 2012).

De acuerdo con ICA (2020), el departamento del Caquetá (Piedemonte Amazónico) posee el segundo hato bovino más grande de Colombia con 2,225,152 animales, y un crecimiento considerable en los últimos años (Torrijos, 2019). En este departamento se concentran también las áreas con mayores problemas de deforestación en el país, razón por la cual es de gran importancia identificar sistemas ganaderos más sostenibles y eficiente orientados a mejorar la actividad ganadera de la región, y así servir como herramienta para reducir la presión sobre los bosques.

El objetivo de esta investigación fue determinar bajo condiciones *in vivo,* el efecto del consumo de *T. diversifolia* en la generación de CH_4 producto de la fermentación entérica en vacas de doble propósito en el Piedemonte Amazónico colombiano, y así perfilar esta especie en esta arbustiva capaz de aportar a la mitigación del cambio climático.

Materiales y métodos

Localización

Las evaluaciones fueron desarrolladas en La Finca El Volga (N 01°44'34'' W 075°15'49''), ubicada en el municipio de El Doncello, departamento del Caquetá, a una altura de 347 m.s.n.m en la Amazonía colombiana. La clasificación climática regional es la de bosque tropical lluvioso de tipo *Af* (clasificación Koppen), con una temperatura media anual de 25.5 °C, una precipitación de 3800 mm/año y una humedad relativa del 85%. Los suelos están altamente erosionados y clasificados como Dystrudepts y Hapludox que se originaron a partir de sedimentos aluviales finos, formando una secuencia de horizontes Ap-Bo (Olaya-Montes *et al*., 2020).

Dietas evaluadas y determinación de su composición química

Fueron evaluadas dos dietas ofrecidas en sistemas bovinos orientados al doble propósito. La primera dieta correspondió a un sistema tradicional caracterizado por la baja presencia de árboles, áreas extensas de pastoreo y praderas parcialmente degradas de *Urochloa humidicola* (Rendle) Morrone & Zuloaga (100% de *U. humidicola*). Por su parte la segunda dieta correspondió a un sistema silvopastoril (SSP) con la presencia de la arbustiva *T. diversifolia*

a una densidad aproximada a los 2500 arb/ha, asociada a *U. humidicola* y árboles dispersos en potrero y cercas vivas. Las especies arbóreas predominantes en estos sistemas fueron: *Gmelina arborea, Erythrina poeppigiana, Tectona grandis,* y *Cariniana pyriformis* (15% de *T. diversifolia* y 85% de *U. humidicola*).

Ambas dietas fueron evaluadas en los parámetros de materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA), energía bruta (EB), cenizas (Cen), extracto etéreo (EE) y degradabilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS). El contenido de MS se determinó en estufa de aire forzado a 105 °C hasta alcanzar peso constante (ISO, 6496), el porcentaje de N y PC se determinó por el método de Kjeldahl según NTC 4657 (1999), FDN y FDA según la técnica secuencial descrita por Van Soest *et al*. (1991) según AOAC 2002.04 y 973.18 respectivamente (2005), y EE por extracción Soxhelet por inmersión (NTC 668, 1973). Finalmente, el contenido de Cen se determinó por incineración directa en una mufla a 500 °C según AOAC 942.05 (2005), y la EB por calorimetría basado en ISO 9831 y la DIVMS según Tilley y Terry (1963).

Animales evaluados

Se eligieron cuatro vacas en producción típicas de la región con diferentes cruces entre *Bos Taurus* y *Bos Indicus* que se encontraban en el segundo tercio de la lactancia y con una producción media de 5.1 (± 0.59) kg de leche/animal/día. En la Tabla 1 se presentan algunas características de los animales incluidos en la evaluación.

Tabla 1. Características generales de los animales incluidos en las pruebas con politúneles.

Animal	Edad (meses)	Partos (#)	Días en leche	Peso vivo (kg)
Animal 1	45.6	1	236	413
Animal 2	58.8	2	227	450
Animal 3	93.6	4	224	451
Animal 4	60.1	2	242	365

Producción de leche y calidad composicional

Durante los últimos tres días de cada periodo de adaptación y un día de cada momento de toma de gases fue medida la producción de leche en cada animal. Para la comparación de la producción láctea entre dietas la leche fue corregida por grasa y proteína (LCGP) (Thomassen y de Boer, 2005).

Determinación de las emisiones de CH_4 in vivo

Las mediciones de la producción *in vivo* de metano (CH_4) por fermentación entérica se realizaron utilizando la técnica de Politúneles (Lockyer, 1997;

Murray *et al*., 2007). El periodo de experimentación tuvo una duración total de 30 días, con dos periodos de acostumbramiento a las dietas de 12 días cada uno y dos momentos de medición de 3 días; los animales utilizados habían tenido previamente contacto con las dietas evaluadas en pastoreo. Durante los dos momentos de medición (colecta de muestras de gases) fueron tomadas muestras de gases cada 60 minutos durante 48 horas con un día intermedio de descanso y siguiendo las recomendaciones de Molina *et al.* (2016) y Gaviria-Uribe *et al.* (2020).

Los litros totales de metano producidos cada hora de cada periodo de medición se calcularon con la ley de los gases ideales según López y Newbold (2007), en base a la concentración determinada por cromatografía (ppm) y el volumen total del politúnel (72 m^3). Se utilizaron dos politúneles divididos en dos compartimentos de 36 m^3 cada uno donde fueron alojados los animales de forma individual; cada una de las dos dietas se asignaron al azar a dos animales durante el primer periodo de experimentación y éstas fueron combinadas entre los grupos de animales para el segundo periodo. Las evaluaciones fueron hechas durante la época de transición invierno- verano en el año 2020 (octubre-noviembre).

Las variables medidas fueron: g de CH_4/animal/día, g de CH_4/kg de MS consumida, g de CH_4/kg de LCGP, consumo de MS/animal/día y kg de LCGP/animal/día. Las variables de temperatura y humedad fueron medidas en cada politúnel durante todos los momentos de tomas de gases con el propósito de monitorear posibles momentos de estrés.

Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental fue un diseño de bloques completos al azar con el animal considerado como el bloque; el peso del animal se utilizó como covariable. Las mediciones en cada periodo se hicieron durante dos días con el fin de determinar variaciones entre los días y dentro de los animales. Las comparaciones múltiples se evaluaron mediante la prueba la prueba HSD de Tukey, gracias al uso de la herramienta RStudio (RStudio Team, 2020). Cada grupo de animales tuvo la oferta de ambas dietas y durante el mismo periodo de tiempo.

Resultados

Composición química de las dietas

La composición química de las dietas evaluadas se muestra en la Tabla 2. La inclusión de *T. diversifolia* en la dieta basal de *U. humidicola* mejoró la oferta de PC (17% más), cenizas y aumentó la DIVMS. De otro lado, la oferta de esta

arbustiva disminuyó los contenidos de FDN y FDA en un 7.1 y 2.96% respecto a la dieta de *U. humidicola,* respectivamente.

Tabla 2. Composición química de las dietas y forrajes evaluados en ambos periodos.

	MS	PC	FDN	FDA	Cen	Ca	P	EE	DIVMS	EB
	%									Mcal/kg de MS
U. humidicola	21.82 (±1.57)	11.39 (±0.73)	71.20 (±1.56)	40.04 (±2.03)	8.71 (±0.32)	0.23 (±0.10)	0.17 (±0.01)	2.63 (±1.59)	61.70 (±0.29)	4394.1 (±57.1)
T. diversifolia	16.45 (±10.5)	24.01 (±1.30)	39.61 (±3.09)	32.63 (±3.09)	18.85 (±1.20)	1.64 (±0.20)	0.39 (±0.19)	5.01 (±0.50)	71.99 (±3.03)	4327.7 (±150.6)
U. humidicola 85% + *T. diversifolia* 15%	20.96 (±1.22)	13.41 (±0.56)	66.15 (±1.38)	38.86 (±1.74)	10.33 (±0.21)	0.46 (±0.10)	0.20 (±0.03)	3.01 (±1.33)	63.35 (±0.65)	4383.5 (±57.5)

Dieta 1: *U. humidicola* 100%; Dieta 2 *U. humidicola* 85% + *T. diversifolia* 15%: MS: materia seca; PC: proteína cruda; FDN: fibra en detergente neutra; FDA: fibra en detergente ácida; Cen: cenizas; Ca: Calcio; P: Fósforo; EE: extracto etéreo; DIVMS: digestibilidad *in vitro* de la materia seca; EB: energía bruta.

Consumo de forraje

Durante los días de toma de gases (4), el consumo de MS representó el 2.02 y 2.15% del peso vivo (PV) para la dieta 1 y 2, respectivamente ($p = 0.7906$). El consumo de *T. diversifolia* fue del 16.8% (±1.47) del total de la dieta sin diferencia significativa entre periodos y animales ($p>0.05$). El consumo de MS fue determinado por medio del pesaje de la oferta y el rechazo del forraje durante los periodos de tomas de gases.

Producción de leche

La producción de LCGP durante el periodo de evaluación fue de 4.32 y 4.73 kg/animal/día para las Dieta 1 y 2, respetivamente, con diferencias significativas ($p = 0.0052$).

Emisiones de CH_4

De acuerdo con los resultados obtenidos, la Dieta 2 logró menores emisiones en cada una de las variables medidas ($p < 0.05$). En la Tabla 3 se presentan los resultados.

Tabla 3. Emisiones de CH_4 durante la oferta de las dos dietas evaluadas.

	g de CH_4/animal/día	g de CH_4/kg de MS consumida	kg de CO_2/kg de LCGP	Ym (%)
Dieta 1	217.1 (±33.8) a	27.84 (±1.13) a	1.40 (±0.22) a	8.20 (±0.59) a
Dieta 2	207.4 (±35.15) b	25.42 (±1.06) b	1.18 (±0.31) b	7.86 (±0.38) b
Valor *p*	0.00315	0.00654	0.00282	0.0032
EEM	8.47	0.28	0.05	0.11

Dieta 1: *U. humidicola* 100%; Dieta 2 *U. humidicola* 85% + *T. diversifolia* 15%; Ym: porcentaje de la energía bruta emitida como CH_4.

El consumo de *T. diversifolia* disminuyó en un 4.65, 5.56 y 17.92% las emisiones de CH_4 animal/día, el CH_4 por kg de MS consumida y los kg de CO_2-eq/kg de LCGP, respectivamente. No se encontraron diferencias entre los días de medición para los 4 animales evaluados ($p>0.05$).

Discusión

La inclusión de *T. diversifolia* en dietas bajo pastoreo ha sido evaluada en diferentes investigaciones debido a su oferta de nutrientes, producción de biomasa y adaptación a diferentes condiciones edafoclimáticas (Holguín *et al.* (2015); Gallego-Castro *et al.* (2017); Rivera, 2020). La composición química de esta especie se caracteriza por ofrecer altas cantidades de PC, minerales y energía, bajos porcentajes de FDN y FDA, y por tener una alta degradabilidad de la MS, tal como se ha encontrado en esta investigación. Estas características han permitido que *T. diversifolia* pueda ser ofrecida en dietas para rumiantes con aumento de la producción animal si se le compara con dietas basadas en pasturas tropicales como las del género Urochloa (Rivera *et al.,* 2015; Mauricio *et al.,* 2017; Rivera, 2020).

Los resultados encontrados en este trabajo evidencian que a pesar de que *T. diversifolia* no es una especie leguminosa, sus valores de PC son tan altos como los reportados en algunas leguminosas tropicales como *Stylosanthes guianensis* (18.2 %, Morgado *et al.,* 2009), *Arachis pintoi* (19.7%, Khan *et al.,* 2013) y *Gliricidia sepium* (18.23%, Silva *et al.,* 2017), y son superiores a los observados en la mayoría de las gramíneas tropicales, como *Urochloa brizantha* (9.3%, Ribeiro *et al.,* 2017), *Cynodon plectostachyus* (9.23%, Montoya *et al.,* 2017) y *Megathyrsus maximus* (9.3%, Carvalho *et al.,* 2017). Además, los valores de FDN y FDA fueron menores que los valores comunes observados para forrajes tropicales (Souza *et al.,* 2007), propiedad que no limita el consumo voluntario y la degradabilidad de los nutrientes.

La composición química de *T. diversifolia* es la causa de que su consumo incremente la producción animal o mejore la eficiencia de los sistemas; autores como La O *et al.* (2012); Rivera *et al.* (2013) y Gallego-Castro *et al.* (2017) han encontrado que esta especie modifica la dinámica de

fermentación de dietas que la incluyen comparadas con dietas de solo gramíneas. Rivera (2020) encontró que *T. diversifolia* favorece la producción de ácido propiónico y butírico en lugar de ácido acético y disminuye la fase lag de la producción de gases.

De otro lado, Ribeiro *et al.* (2016), evaluaron los efectos de la sustitución de la caña de azúcar fresca y concentrados por *T. diversifolia* (0, 6, 4, 15%) en vacas lactantes, reportando que es posible reemplazar la caña de azúcar (20% de la MS) y concentrado (11.2% de MS) sin ningún cambio en la ingesta total (18.7 kg MS/día), rendimiento de leche (22.9 kg/día) y su composición. Además, la inclusión de *T. diversifolia* no afecta negativamente a los parámetros de glucosa, urea, triglicéridos, colesterol, ácidos grasos no esterificados y ß-hidroxibutirato.

De igual forma en Colombia, Rivera *et al.* (2015) al comparar un sistema de monocultivo de *U. brizantha* y un sistema con *T. diversifolia* (4000 arbustos/ha), encontraron que con este último se incrementó la producción de leche, los sólidos no grasos y los sólidos totales por vaca y por hectárea. La producción diaria de leche por vaca con *T. diversifolia* fue de 4.92 kg, 7% más que el sistema con *U. brizantha*. Además, la capacidad de carga aumentó 32%, se incrementaron los ingresos al productor en un 25% y también se alcanzaron beneficios para la industria lechera, ya que hay un mayor volumen de leche con contenido más alto de sólidos y menos estacionalidad en la producción.

En cuanto a la generación de CH_4 por fermentación entérica, la oferta y consumo de *T. diversifolia* en rumiantes se ha perfilado con una posibilidad de mitigación debido su alta degradabilidad y bajos contenidos de fibra, pues estas características se han asociado a menores emisiones de CH_4 (Yan *et al.,* 2006), y a la presencia de diferentes compuestos fitoquímicos como lactonas sesquiterpénicas, diterpenos, flavonoides, taninos y saponinas que pueden modificar la población de microrganismos metanogénicos en rumen (Chagas-Paula *et al.*, 2012).

Algunos estudios han evaluado el efecto de *T. diversifolia* sobre las emisiones de CH_4 (Molina *et al.,* 2015; Terry *et al.,* 2016; Rivera, 2020), aunque los resultados son discordantes. Según los resultados de estos estudios, el efecto de *T. diversifolia* sobre las emisiones de CH_4 depende del porcentaje de inclusión en la dieta, la calidad de dieta base y al parecer algunos ecotipos de esta especie ofrecen mayor cantidad de compuestos fitoquímicos como por ejemplo aceites esenciales y polifenoles (Rivera, 2020). Galindo-Blanco *et al.* (2018) por ejemplo demuestran que la inclusión de *T. diversifolia* puede reducir la población de protozoos y los metanógenos ruminales cuando se evalúa en condiciones *in vitro* a niveles por encima del 15% de la MS y Rivera

(2020), encontró que incluir especie en la dieta disminuye las emisiones de CH_4 en condiciones *in vitro* cuando se ofrece un 25% en una dieta basada en *U. brizantha* con diferencias entre genotipos.
Los resultados encontrados en este estudio son muy importantes porque sugieren que bajo condiciones de trópico bajo *T. diversifolia* tiene potencial de mitigar las emisiones de CH_4. En estas condiciones de producción, identificar alternativas de mitigación es muy importante porque las dietas ofrecidas allí se caracterizan por ser de baja calidad, lo cual se asocia a altas emisiones de CH_4. Según reportes revisados, este trabajo reporta por primera vez la mitigación de CH_4 bajo condiciones *in vivo* y en una zona con alto conflicto en el uso del suelo como es el piedemonte amazónico.

Conclusiones

El consumo de *T. diversifolia* en vacas de doble propósito puede disminuir las emisiones de CH_4 por fermentación entérica tanto por unidad animal como por unidad de producto. También la oferta de esta arbustiva incrementa la producción animal de leche debido a características químicas como mayor PC, digestibilidad de la MS y EB, así como menores cantidades de FDN y FDA. Dadas las propiedades de *T. diversifolia,* esta especie es una alternativa productiva para mejorar la eficiencia productiva y ambiental de los sistemas bovinos especialmente bajo las condiciones dadas en el Piedemonte Amazónico. Los resultados encontrados en este trabajo aportarán información valiosa orientada a mejorar los inventarios de GEI del país por presentar algunos factores de emisión para la región del Piedemonte Amazónico colombiano.

Agradecimientos

Esta investigación se llevó a cabo en marco del proyecto 18_III_106_COL_A_Estrategias productivas sostenibles. Este proyecto es parte de la Iniciativa Internacional para el Clima (IKI). El Ministerio Federal del Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear de Alemania (BMU) apoya esta iniciativa basada en una decisión del Bundestag alemán. Los autores de igual forma agradecen a los propietarios y colaboradores de la finca El Volga en el departamento del Caquetá por su colaboración durante el trabajo y a MINCIENCIAS y al Fondo Autónomo para la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, Francisco José de Caldas por su apoyo a CIPAV (Contrato 80740-006-2020).

Bibliografía

Association of Official Analytical Chemists (AOAC)., (2005). Official Method 2002.04. Amylase-treated neutral detergent fiber in feeds. Using refluxing in beakers or crucibles. In Official Methods of Analysis of AOAC International (18 ed.). Gaithersburg, MD, USA.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC)., (2005). Official Method 973.18. iber (acid detergent) and lignin (H2SO4) in animal feed. In Official Methods of Analysis of AOAC International (18 ed.). Gaithersburg, MD, USA.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC)., (2005). Official Method 942.05. Determination of Ash in Animal Feed. In Official Methods of Analysis of AOAC International (18 ed.). Gaithersburg, MD, USA.

Carvalho, A.L.S., Martuscello, J.A., Almeida, O., Braz, T., Cunha, D. Figueiredo V., Jank, L., 2017. Production and quality of Mombaça grass forage under different residual heights. Acta Scientiarum Animal Sciences, 39(2): 143- 148.

Chagas-Paula, D.A., Oliveira, R.B., Rocha, B.A., Da Costa, F.B., 2012. Ethnobotany, chemistry, and biological activities of the genus Tithonia (Asteraceae). Chemistry & Biodiversity, 9: 2010–2234.

Cubasch, U., Wuebbles, D., Chen, D., Facchini, M.C., Frame, D., Mahowald, N., Winther, J.G., 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. In Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change; Cambridge University Press: Cambridge, UK; New York, NY, USA.

Galindo-Blanco, J.L., Rodríguez-García, I., González-Ibarra, N., García-López R., Herrera-Villafranca, M., 2018. Sistema silvopastoril con *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray: efecto en la población microbiana ruminal de vacas. Pastos y Forrajes, 41(4): 273-280.

Gallego-Castro, L.A., Mahecha-Ledesma, L., Angulo-Arizala, J., 2017. Calidad nutricional de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray bajo tres sistemas de siembra en el trópico alto. Agronomía Mesoamericana, 28(1): 213-222.

Gaviria-Uribe, X., Bolivar, D.M., Rosenstock, T.S., Molina-Botero, I.C., Chirinda, N., Barahona, R., Arango, J., 2020. Nutritional quality, voluntary intake and enteric methane emissions of diets based on novel cayman brass and its associations with two Leucaena shrub legumes. Frontiers in Veterinary Science, 7:579189.

Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A., Tempio, G., 2013. Tackling Climate Change Through Livestock—A Global Assessment of Emissions and Mitigation Opportunities; Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO): Rome, Italy.

Holguín, V.A., Ortíz, S., Velasco, A., Mora, J., 2015. Evaluación multicriterio de 44 introducciones de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray en Candelaria, Valle del Cauca. Revista de medicina veterinaria y zootecnia 62 (2): 57-72

IInstituto Colombiano Agropecuario (ICA). 2020 Censo Pecuario Nacional. https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2018

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)., 1999. NTC 4657. Alimento para animales. Determinación del contenido de nitrógeno y cálculo del contenido de proteína cruda. Método Kjeldahl. Bogotá, Colombia.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)., 1973. NTC 668. Alimentos y materias primas. Determinación de los contenidos de grasa y fibra cruda. Bogotá, Colombia.

International Organization for Standardization (ISO)., 1998. Animal feeding stuffs, animal products, and faeces or urine - Determination of gross calorific value - Bomb calorimeter method. ISO 9831. Geneva, Switzerland.

International Organization for Standardization (ISO)., 1999. Animal feeding stuffs. Determination of moisture and other volatile matter content. ISO 6496. Geneva, Switzerland.

Kennedy, P.M., Charmley, E., 2012. Methane yields from Brahman cattle fed tropical grasses and legumes. Animal Production Science, 52, 225–239.

Khan, M.T., Khan, N.A., Bezabih, M., Qureshi, M.S., Rahman, A., 2013. The nutritional value of peanut hay (*Arachis hypogaea* L.) as an alternate forage source for sheep. Tropical Animal Health and Production, 45: 849–853

Ku-Vera, J.C., Castelán-Ortega, O.A., Galindo-Maldonado, F.A., Arango, J., Chirinda, N., Jiménez-Ocampo, R., Valencia-Salazar, S.S., Flores-Santiago, E.J., Montoya-Flores, M.D., Molina-Botero, I.C., Piñeiro-Vázquez, A.T., Arceo-Castillo, J.I., Aguilar-Pérez, C.F., Ramírez-Avilés, L., Solorio-Sánchez, F.J., 2020. Review: Strategies for enteric methane mitigation in cattle fed tropical forages, Animal, 14, 3: s453-s463.

La O, O., González, H., Orozco, A., Castillo, Y., Ruiz, O., Estrada, A., Ríos, F., Gutiérrez, E., Bernal, H., Valenciaga, D., Castro, B.I., Hernánez, Y., 2012. Composición química, degradabilidad ruminal *in situ* y digestibilidad *in vitro* de ecotipos de *Tithonia diversifolia* de interés para la alimentación de rumiantes. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 46 (1): 47 – 53.

Lockyer, D.R., 1997. Methane emissions from grazing sheep and calves. Agriculture, Ecosystems & Environment, 66:11–18.

López, S., Newbold, C.J., 2007. Analysis of methane. In: Makkar, H.P., Vercoe, P.E. (Eds.), Measuring methane production from ruminants. FAO-IAEA. Springer, pp. 1–13.

Mauricio, R.M., Calsavara, L.H.F., Ribeiro, R.S., Pereira, L.G.R., Freitas, D.S., Paciullo, D.S., Barahona, R., Rivera, J.E., Chará, J., Murgueitio, E., 2017. Feeding ruminants using *Tithonia diversifolia* as forage. Journal of Dairy, Veterinary & Animal Research, 5(4): 00146.

Molina, I.C., Donneys, G., Montoya, S., Villegas, G., Rivera, J.E., Chará, J., Lopera, J.J., Barahona, R., 2015. Emisiones in vivo de metano en sistemas de producción con y sin inclusión de *Tithonia diversifolia*. 3er Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles y VIII Congreso Internacional de Sistemas Agroforestales. Puerto Iguazú, Misiones, Argentina, 678-682 pp.

Molina, I.C., Angarita, E.A., Mayorga, O.L., Chará, J., Barahona, R., 2016. Effect of *Leucaena leucocephala* on methane production of lucerna heifers fed a diet based on *Cynodon plectostachyus*. Livest Sci., 185:24–9.

Montoya, E., Barahona, R., Chará. J., 2017. The nutritional balance of earley lactation dairy caws grazing in intensive silvopastoral systems. Ciência Animal Brasileira, 18: 1-12.

Morgado, E., Almeida, F., Silva, V.P., Gomes, A., Galzerano, L., Torres, H., Rodrigues, L.M., 2009. Digestão dos carboidratos de alimentos volumosos em eqüinos. Revista Brasileira de Zootecnia, 38 (1): 75-81.

Murray, P.J., Chadkick, D.C., Newbolrd, C.J., Lockyer, D.R., 2007. Measurement of methane from grazing animals – The tunnel method. In: Makkar, H.P., Vercoe, P.E. (Eds.), Measuring Methane Production from Ruminants. FAO-IAEA. Springer, pp. 105–109.

Olaya-Montes, A., Llanos-Cabrera, M.P., Cherubin, M.R., Herrera-Valencia, W., Ortiz-Morea, F.A., Silva-Olaya, A.M., 2020. Restoring soil carbon and chemical properties through silvopastoral adoption in the Colombian Amazon region. Land Degradation & Development. https://doi.org/10.1002/ldr.3832

RStudio Team., 2020. RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA. http://www.rstudio.com/.

Ribeiro, R.S., Terry, S.A., Sacramento, J.P., Rocha e Silveira, S., Bento, C.B., Silva, E.F., Montovani, H.C., Gama, M.A.S., Pereira, L.G., Tomich, T.R., Mauricio, R.M., Chaves, A., 2016. *Tithonia diversifolia* as a supplementary feed for dairy cows. Plos One 11: e0165751

Ribeiro, M.R. Costa, C.A., de Souza, W.F., Cruvinel, W.S., da Silva, J.T., dos Santos, D.R., 2017. Silage quality of sorghum and *Urochloa brizantha* cultivars monocropped or intercropped in different planting systems. Acta Scientiarum. Animal Sciences, 39 (3): 243-250.

Rivera, J.E., Naranjo, J.F., Cuartas, C.A., Arenas, F.A., 2013 Fermentación *in vitro* y composición química de algunos forrajes y dietas ofrecidas bajo un Sistema Silvopastoril

en el trópico de altura. Livestock Research for Rural Development 25, Article #174. http://www.lrrd.org/lrrd25/10/rive25174.htm.

Rivera, J.E., Cuartas, C.A., Naranjo, J.F., Tafur, O., Hurtado, E.A., Arenas, F.A., Chará, J., Murgueitio, E., 2015. Efecto de la oferta y el consumo de *Tithonia diversifolia* en un sistema silvopastoril intensivo (SSPi), en la calidad y productividad de leche bovina en el piedemonte Amazónico colombiano. Livestock Research for Rural Development 27, Article #189. http://www.lrrd.org/lrrd27/10/rive27189.html.

Rivera., 2020. Variabilidad fenotípica y genética de Tithonia diversifolia (hemsl.) A. Gray, una planta para la producción animal sostenible en Colombia. Thesis to obtain the title of doctor in animal sciences. University of Antioquia, Faculty of Agricultural Sciences, Medellín, Colombia.

Silva, S.F., Carneiro, M. S. de S., Edvan, R.L., Pereira, E.S., Neto, L., Pinto, A.P., Camilo, D., 2017. Agronomic characteristics and chemical composition of Gliricidia sepium grown under different residual heights in different seasons. Ciencia e investigación agraria, 44(1):35-42.

Souza, L.F., Maurício, R.M., Gonçalves, L.C., Saliba, E.O.S., Moreira, G.R., 2007. Produtividade e valor nutritivo da Brachiaria brizantha cv. Marandu em um sistema silvipastoril. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, 59(4): 1029-1037.

Terry, S.A., Ribeiro, R.S., Freitas, D.S., Delarota, G.D., Pereira, L.G.R., Tomich, C.T.R., Mauricio, R.M., Chaves, A.V., 2016. Effects of Tithonia diversifolia on *in vitro* methane production and ruminal fermentation characteristics. Animal Production Science, 56: 437–441.

Thomassen, M.A., de Boer, I.J.M., 2005. Evaluation of indicators to assess the environmental impact of dairy production systems. Agriculture, Ecosystems & Environment, 111, 185–199

Tilley, J. M. A., Terry, R. A., 1963. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. British Grassland society 18:104-111.

Torrijos, R., 2019. Cifras de contexto ganadero Caquetá 2019. Comité departamental de ganaderos del Caquetá. Florencia, Caquetá, Colombia. 30 pp.

Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science, 74, 3583–3597

Yan, T., Mayne, C.S., Porter, M.G., 2006. Effects of dietary and animal factors on methane production in dairy cows offered grass silage-based diets. International Congress Series 1293, 123–126.

Mejorando la resiliencia de la ganadería familiar en el piedemonte Andino-Amazónico del Caquetá, Colombia

Improving the resilience of family livestock farming in the Andean-Amazonian piedmont of Caquetá, Colombia

A Solarte; A Rico; M Rivera; A Gómez*

Centro para la investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria – CIPAV. Cali. Colombia.

*Dirección de correspondencia: adricoaristizabal@gmail.com

Resumen

El objetivo de este trabajo fue identificar participativamente medidas de adaptación (MeA) para mejorar la resiliencia de la ganadería familiar en el piedemonte andino-amazónico del Caquetá, Colombia. Se trabajo con el concepto y la metodología del análisis de riesgo climático donde se contrastaron las percepciones y datos históricos climáticos. A través de este trabajo participativo se identificaron 39 medidas de adaptación, de las cuales se priorizaron: mejoramiento de áreas para pastoreo, afirmado de callejones - vacapista, banco mixto de forraje (diversificación agrícola), conservación de forraje, adecuación de infraestructuras, estufa eficiente, biodigestor, conservación de fuentes de agua, cosecha de agua, acueducto ganadero, filtro para potabilización de agua, procesador de abonos y diversificación pecuaria. Se presentaron correspondencias entre las percepciones de aumento de la temperatura, pero no en aumento de las precipitaciones. En los datos históricos – índices se evidencia una mayor intensidad de lluvia, donde las familias la perciben como aumento de precipitación. En este sentido, es indispensable la disponibilidad de datos agroclimáticos para el desarrollo de medidas de adaptación que respondan a los cambios que se presentaran en el futuro y con ello mejorar la resiliencia de la ganadería familiar.

Palabras claves: *Cambio climático, variabilidad climática, sistemas sostenibles de producción.*

Abstract

The objective of this work was to identify participatory adaptation measures (MeA) to improve the resilience of family livestock farming in the Andean-Amazon piedmont of Caquetá, Colombia. We worked with the concept and methodology of climate risk analysis where perceptions and historical climate data were contrasted. Through this participatory work, 39

adaptation measures were identified, of which the following were prioritized: improvement of grazing areas, strengthening of alleys - vacapista, mixed forage bank (agricultural diversification), forage conservation, infrastructure adaptation, efficient stove, biodigester, conservation of water sources, water harvesting, livestock aqueduct, filter for water purification, fertilizer processor and livestock diversification. There were correspondences between the perceptions of temperature increase, but not in precipitation increase. In the historical data - indexes, there is evidence of a greater intensity of rainfall, where families perceive it as an increase in precipitation. In this sense, the availability of agroclimatic data is essential for the development of adaptation measures to respond to the changes that will occur in the future and thus improve the resilience of family livestock.

Key words: *Climate change, climate variability, sustainable production systems*

Introducción

La ganadería bovina constituye una actividad económica importante en el Caquetá (aporta el 14,2% del PIB) (Orjuela, 2015 citado por Enciso *et al* 2018), tanto en el contexto nacional por su participación en el inventario ganadero (2’213.096 cabezas de ganado, cuarto puesto a nivel nacional), como a nivel departamental por su producción diaria de leche (1’737.558 litros/día) que es concentrada en 20.486 predios ganaderos (Torrijos, 2021).

De acuerdo a Fajardo *et al* (2014), esta actividad es de gran proporción, fuente de empleo y seguridad económica, ya que la es el primer renglón socioeconómico del departamento dependiendo cerca de 14.000 familias (Orjuela, 2015 citado por Enciso *et al* 2018) y a la vez generando 67.937 empleos rurales directos (Torrijos *et al*., 2015).

A pesar de la importancia de la ganadería en el Caquetá por su aporte económico, esta actividad pecuaria es uno de los agentes de deforestación a través de la tala y quema para el establecimiento de pastizales que son utilizados como sistemas extensivos (IDEAM, 2018), que se han expandido sobre suelos de la planicie amazónica, susceptibles a la erosión y de drenaje pobre a moderado, lo que está ocasionando la degradación de suelos y emisiones de gases de efecto invernadero (Tapasco *et al*., 2015), causando cambios en todos los componentes del sistema climático aumentando la probabilidad de impactos irreversibles para las personas y los ecosistemas (IPCC, 2014).

Se estima que el cambio climático tendrá impactos negativos en la ganadería colombiana con pérdidas en la producción de leche y carne de hasta 7,6% y 2,2%, respectivamente, así como perdidas en la capacidad reproductiva, siendo Caquetá una de las regiones afectadas (Tapasco *et al*. 2015; FEDEGAN, 2020).

Las variaciones drásticas del clima derivadas del cambio climático han generado en el ser humano la necesidad de desarrollar soluciones de adaptación e incremento de la resiliencia, considerando nuevos sistemas complejos de carácter adaptativo para la transformación de las actividades económicas (Castillo-Villanueva y Velázquez-Torres, 2015)

En este sentido, Colombia a través del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible desarrolló el Decreto 298 del 2016 donde establece la organización y funcionamiento del Sistema Nacional de Cambio Climático y crea 9 nodos regionales, entre ellos el Nodo de la Amazonía compuesto por los departamentos de Amazonas, Caquetá, Guainía, Guaviare, Vaupés y Putumayo; donde cada departamento elabora el Plan de Gestión Integral de Cambio Climático Territorial (PIGCCT)

Las acciones de mitigación, adaptación e identificación de las vulnerabilidades de cada región en particular son procesos en evolución constante y de características dialécticas porque involucran la interacción de todos sus actores y elementos (Yepes-Mayorga, 2012); donde el éxito en la aplicación de las opciones de respuesta depende en que se tengan en cuenta las condiciones medioambientales y socioeconómicas locales (IPCC, 2020).

Aunado a lo anterior, el objetivo de este trabajo fue identificar participativamente medidas de adaptación para mejorar la resiliencia de la ganadería familiar en el piedemonte andino-amazónico del Caquetá, Colombia, que puedan aportar a los ejes del PIGCCT.

Materiales y métodos

El área de estudio del presente trabajo fue en el departamento del Caquetá, en los municipios de Belén de los Andaquíes y Albania. Se aplicó el concepto y la metodología de riesgo climático (Figura 1) propuestos por el quinto informe del Panel Intergubernamental del Cambio Climático - IPCC AR5 (IPCC, 2014) y se codiseño medidas de adaptación, a partir de talleres participativos con las familias ganaderas. Siguiendo este concepto, los técnicos y las familias productoras analizaron los conceptos básicos del cambio climático, identificaron las principales amenazas que conducen a impactos negativos en los sistemas que pueden verse afectados (por ejemplo, la agricultura familiar, la ganadería, los cultivos) según el

conocimiento y la percepción de las tendencias climáticas, identificaron los riesgos climáticos (interrelaciones entre amenazas, exposiciones, sensibilidad, capacidad de adaptación), para encontrar posibles respuestas como medidas de adaptación (Tallarico *et al*., 2021).

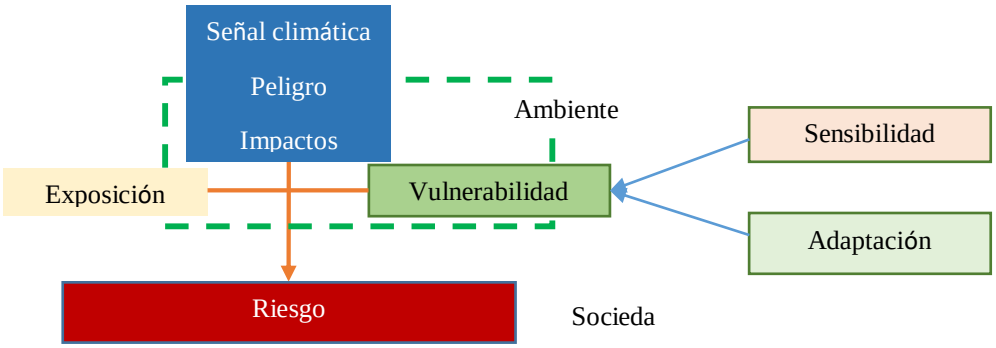


Figura 1. Componentes del concepto de riesgo climático.

Posteriormente, se definieron y priorizaron las medidas de adaptación para su implementación. Se siguió la metodología propuesta por Gatinoni *et al*., (2020) y Enriquez *et al* (2021), la cual contrasta la percepción de las familias frente a los datos históricos de precipitación y temperatura a través de índices climáticos propuestos por el Equipo de Expertos sobre Detección e Índices del Cambio Climático (Zhang y Yang, 2004). Los datos históricos se obtuvieron del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM y fueron analizados a través del paquete "Rclimdex" (Zhang y Yang, 2004) con el software R (R Core Team, 2020).

Resultado y Discusión

Los tres peligros identificados que afectan a los diferentes sistemas estaban relacionados con el aumento de la temperatura y los cambios en los patrones de lluvia con períodos de aumento o disminución de las precipitaciones. Algunos de los riesgos climáticos que identificaron las familias ganaderas estaban relacionados con la influencia de los periodos prolongados de disminución de lluvias y altas temperatura sobre el consumo de pasto del ganado y la reducción en la producción de leche.

Este riesgo está compuesto por la señal climática, época de baja precipitación = disminución de la lluvia y aumento de la temperatura, donde el ganado bovino está expuesto a enfermedades por endo y/o ectoparásitos por disponibilidad de agua de calidad, accidentes ofídicos y/o atascamiento en áreas de humedales y soporta los impactos de la baja disponibilidad de pasto en el potrero. Como consecuencia, se genera disminución en el consumo de forraje, baja carga animal y producción de leche.

Asimismo, se enlistó lo que hacen las familias para poder superar estas situaciones (capacidad adaptativa) como cosecha de agua, mantenimiento de fuentes de agua, ofertar buena sal y concentrados, agua de calidad, sembrar árboles en los potreros y conservar los bosques. Resultados similares se encontró con el conocimiento local sobre estrategias de adaptación al cambio climático que desarrollo Ángel *et al*. (2014), donde ganaderos siembran árboles en los potreros, dejan árboles dispersos en potreros a partir de la regeneración natural (SSP) y conservan fuentes hídricas para disminuir los efectos del cambio climático.

Entre las medidas de adaptación aplicables al sector ganadero identificadas por Guerra (2018), se encuentran: sistemas silvopastoriles (cercas vivas, árboles en potreros, bancos forrajeros, otros), protección de bosques ribereños o parches de bosques, pastos mejorados, almacenamiento de agua (cosecha de agua, abrevaderos, pozos), mejoramiento genético en animales, ensilajes y silos, concentrados, semiestabulación, división de potreros, alquiler de pasturas, venta de ganado (descarte).

En este sentido, se identificaron un total de 39 medidas de adaptación, que están relacionadas con el uso eficiente de energías para la cocción de alimentos, agricultura familiar y seguridad alimentaria, conservación de suelos, planificación de finca, planificación forrajera y bienestar animal, capacitación y asistencia técnica, organización comunitaria, mejoramiento genético, manejo, conservación y uso eficiente del agua (Tabla 1).

Tabla 1. Medidas de adaptación al cambio climático identificadas por familias ganaderas.

Clasificación	Medidas de adaptación
Capacitación y asistencia técnica	Acompañamiento técnico
	Capacitación
	Concientización del cuidado y la cultura de la fauna silvestre
Conservación de suelos	Abonos verdes
	Aplicación de abonos orgánicos
	Caseta de abonos orgánicos - Elaboración
	Cobertura vegetal
	Disminuir el uso de agroquímicos
	Mejorar las prácticas agropecuarias
	Reforestar áreas en la finca
Manejo, conservación y uso eficiente del agua	Cercado de áreas de riesgo
	Conservar fuentes de agua
	Conservar humedales
	Corredores biológicos
	Cosecha de agua
	Acueducto ganadero
	Filtros de agua para consumo humano
	Riego eficiente

Mejoramiento genético	Cruces y razas adaptadas
Organización comunitaria	Acceder a información climatológica
	Comité de riesgo climático
Planificación de finca	Adecuar construcciones
	Hacer planificación de la finca
	Planificar las construcciones
	Zonificación de la finca
Planificación forrajera y bienestar animal	Banco mixto de forrajes
	Cobertura arbórea en potreros
	Conservación de forraje
	Manejo adecuado de las pasturas
	Semiestabular el ganado
	Afirmado de callejón con material de playa y/o vaca-pista
Seguridad alimentaria familiar o Agricultura familiar	Conservar alimentos
	Diversificación de cultivos
	Diversificación pecuaria
	Piscicultura
	Producción de alimentos para autoconsumo
	Sembrar árboles multipropósito
Uso eficiente de energías para cocción de alimentos	Biodigestor
	Estufa eficiente

Estas MeA logran estar alineadas a los seis ejes del Planes de Gestión Integral de Cambio Climático Territorial del Caquetá (2020): Agua y sustentabilidad hídrica, Ecosistemas Andinos y Amazónicos Resilientes, Mujer, diversidad e interculturalidad, Economías sustentables climáticamente inteligente y Entornos saludables y resilientes, y Gobernanza climática.

Dentro de las medidas de adaptación encontradas, fueron priorizadas para su implementación: mejoramiento de áreas para pastoreo (sistemas silvopastoriles), afirmado de callejones -vacapista, banco mixto de forraje (diversificación agrícola), conservación de forraje, adecuación de infraestructuras, estufa eficiente, biodigestor, conservación de fuentes de agua, cosecha de agua, acueducto ganadero, filtro para potabilización de agua, procesador de abonos y diversificación pecuaria.

Una vez identificadas las medidas, se contrasto la percepción y datos históricos climáticos en una serie de 37 años (1982 – 2019). Se encontró que la percepción del aumento de la temperatura y los índices de esta variable tiene correspondencia positiva (SU30). Por el contrario, no se presentó correspondencia en los índices de precipitación, en especial el de precipitación anual (PRCP) y los días consecutivos de precipitaciones <1mm (CDD), ya que la percepción tiende a aumentar y los índices a disminuir (Figura 2).

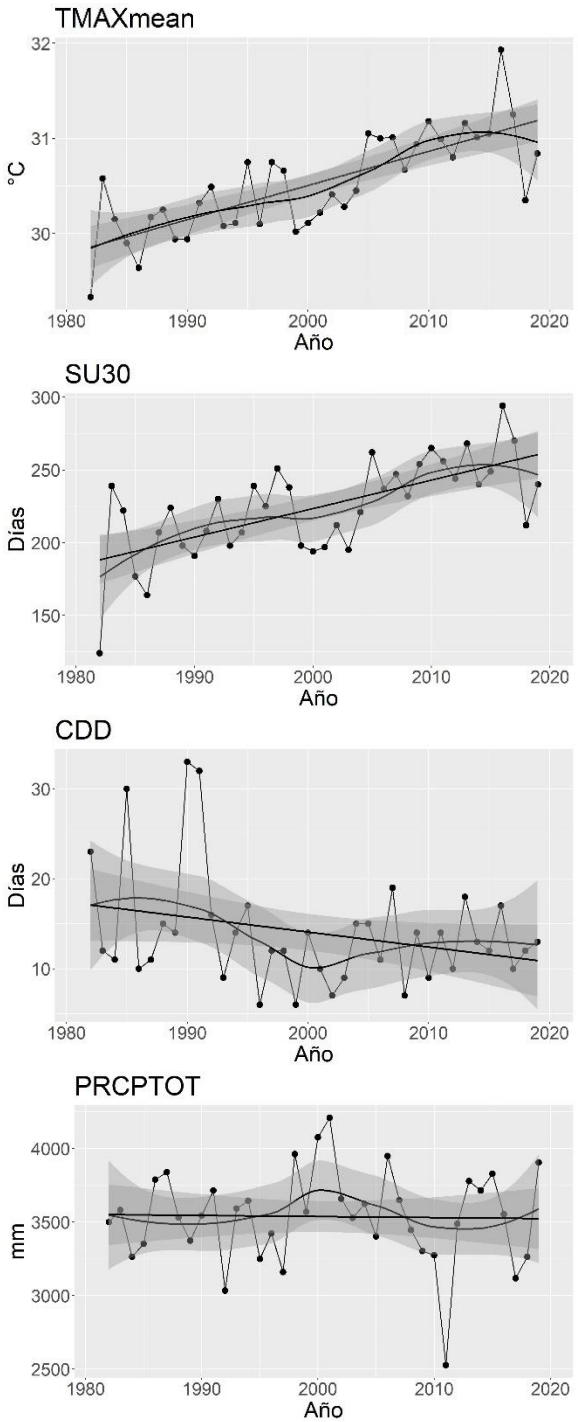


Figura 2. Índices climáticos calculados de acuerdo al IPCC con relación al aumento de las temperaturas y la precipitación. TMAXmean: temperatura máxima promedio, SU30: número de días con temperaturas mayores a 30°C, PRCPTOT: total anual de precipitación, CDD: longitud máxima de periodos secos.

A nivel específico, los índices de precipitación que presentaron mayor correspondencia con la percepción de las familias fueron la precipitación mensual máxima de 5 días consecutivos (RX5day) y recuento anual de días

cuando PRCP ≥ 30 mm (Figura 3). La relación de estos índices con las percepciones puede indicar que en el área de estudio los eventos de lluvia son más intensos, lo que puede diferir a la percepción de las las familias ganaderas en el aumento de precipitación.

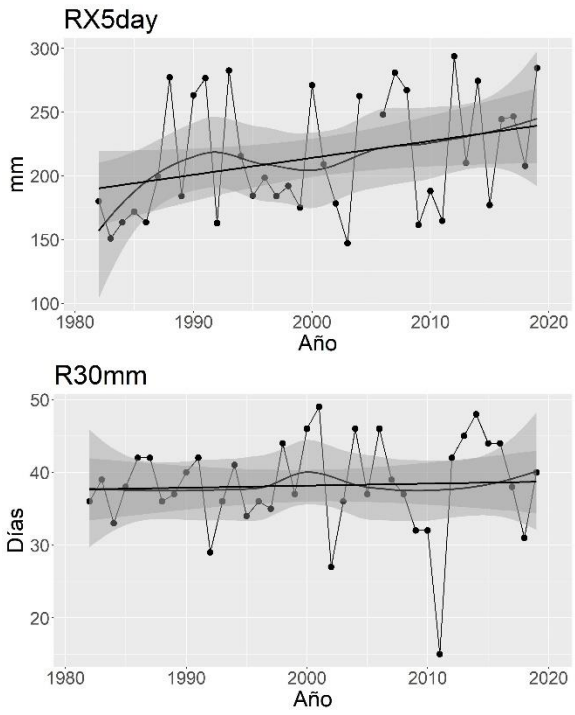


Figura 3. Índices climáticos calculados de acuerdo con el IPCC con relación al aumento de la precipitación. RX5day: precipitación mensual máxima de 5 días consecutivos, R30mm: recuento anual de días cuan PRCP≥30mm.

Pinilla y Pinzón (2012), utilizaron los índices número anual de días con lluvias muy fuertes r20mm y r40mm, mostrando que la mayoría de las estaciones poseen tendencias a la diminución, presentando diferencia con lo encontrado en este trabajo. Por el contrario, se presenta similitud en la tendencia de la precipitación total anual (mm/año) con una menor cantidad de lluvia acumulada promedio.

Asimismo, se utilizaron 8 índices en relación con la precipitación y temperaturas máximas y mínimas por Velasco *et al*. (2015) para determinar las tendencias y variabilidad de índices de cambio climático con un enfoque agrícola, generando información para productores y tomadores de decisiones en el tipo de cultivo que se adapte a las condiciones adversas de la variabilidad del clima.

En la investigación desarrollado por Sohrabi *et al*. (2009) sobre índices de temperatura y precipitación en la provincia de Semnan (Irán), encontraron índices de temperatura con magnitudes más altas y significativas que los

índices de precipitación, aumentando la evaporación y disminuyendo la durabilidad de los ríos estacionales. Con ello, es probable que se produzca una posible sequía en el futuro debido al cambio climático, por lo que resultados de este tipo de investigación contribuirán a mejorar la gestión y la predicción de la sequía en la región (Sohrabi *et al*., 2013).

En este sentido, con los resultados obtenidos sobre las percepciones y los índices climáticos, se cruzó la información con las proyecciones presentadas por el IDEAM en la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático, donde se presenta que para los años 2011 – 2040 en el área de estudio la temperatura puede aumentar hasta en 1°C y las precipitaciones pueden llegar a disminuir hasta en un 19% (IDEAM *et al*., 2015).

Conclusiones

La percepción sobre la variabilidad y el cambio climático de la ganadería familiar, permite identificar los riesgos climáticos para fortalecer las capacidades de adaptación a través de las medidas de adaptación, preparando a las familias para los eventos extremos del clima y mejorando la resiliencia frente al cambio climático.

Esta percepción acompañada de la construcción participativa de las cadenas de riesgo, presenta de manera grafica los eslabones de los efectos del cambio climático que se generan sobre las actividades agropecuarias, así como la implicación en cada uno de sus sistemas productivos.

Por ello, es indispensable la disponibilidad de la información agroclimática, ya que es clave para el desarrollo de medidas de adaptación que respondan a los cambios que se presentaran en el futuro, esto acompañado de un trabajo participativo en la identificación y co-diseño de las medidas permitirá mejorar la resiliencia de la ganadería familiar.

Agradecimientos

Agradecemos al Componente Producción resiliente de Alimentos del Programa Euroclima+ de la Unión Europea quien es el financiador de este estudio basado en los avances del Proyecto "Producción resiliente de alimentos en sistemas hortícolas-ganaderos de la Agricultura Familiar en regiones climáticamente vulnerables de Argentina y Colombia", al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria – INTA de Argentina y al grupo de datos climático que se conformó en el marco del proyecto por el acompañamiento y guía metodológica durante el desarrollo de este trabajo.

Bibliografía

Ángel, Y. A., Pimentel, M., Suarez, J. C. 2014. Conocimiento local sobre estrategias de adaptación al cambio climático en productores ganaderos en San Vicente del Caguán-Colombia. Zootecnia Tropical, 32(4), 329-339.

Castillo-Villanueva, L., y Velázquez-Torres, D. (2015). Sistemas complejos adaptativos, sistemas socio ecológicos y resiliencia. Quivera Revista de Estudios Territoriales, 17(2), 11-32.

Enciso, K., Bravo, A., Charry, A., Rosas, G., Jäger, M., Hurtado, JJ., Romero, M., Sierra, L., Quintero, M., Burkart, S. 2018. Estrategia sectorial de la cadena de ganadería doble propósito en Caquetá, con enfoque agroambiental y cero deforestaciones. Publicación CIAT No. 454. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 125 p. Disponible en: http://hdl.handle.net/10568/91981

Enriquez, A. S., Fernandez, M. T., Aramayo, M. V. D. L., De Pascuale Bovi, J. A. 2021. Percepción del cambio climático en Patagonia Norte. EEA Bariloche, INTA.

Fajardo, Y. M., Facundo-Vargas, G., Vargas-Marín, L. A. 2014. Costos ambientales y evaluación social en conversión de los Sistemas de producción ganadera tradicional al sistema silvopastoril en fincas ganaderas de los municipios de Florencia, Morelia y Belén de los Andaquíes del departamento del Caquetá. *Momentos de Ciencia*, 11(1), 50–57.

FEDEGAN. 2020. El sector ganadero colombiano y las afectaciones climáticas: Comportamiento, impactos y propuestas. Federación Colombiana de Granaderos; Fondo Nacional del Ganado. 46p.

Guerra, C. 2018. Adaptación a la variabilidad climática de la ganadería en la cuenca del Río La Villa, Panamá: estrategias de adaptación basadas en ecosistemas (AbE) y su contribución a la mitigación de gases de efecto invernadero (Tesis maestría, CATIE). http://hdl.handle.net/11554/8979

IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCILLERÍA. 2015. Nuevos Escenarios de Cambio Climático para Colombia 2011 – 2100. Herramientas Científicas para la Toma de Decisiones – Enfoque Nacional – Departamental: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático

IDEAM. 2018. Boletín de detección temprana de deforestación. Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental. Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMBYC). Boletín No 17.

IPCC. 2014. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1132p.

IPCC. 2014. Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 157 págs.

IPCC. 2020. El Cambio climático y la tierra. Informe especial del IPCC sobre el cambio climático, la desertificación, la degradación de las tierras, la gestión sostenible de las tierras, la seguridad alimentaria y los flujos de gases de efecto invernadero en los ecosistemas terrestres. Resumen para responsables de políticas. 40p.

Gattinoni, N., Herrera, M.G y Zanek, C. 2020. Análisis preliminar de la asociación entre la percepción social de la variabilidad climática y del cambio climático y los datos climatológicos de la ciudad de La Plata, Bs. As. Argentina. En acta: XVIII Reunión Argentina y IX Latinoamericana de Agrometeorología, 25 al 27 de noviembre de 2020, de manera virtual.

Pinilla, M. C., Pinzón, C. 2012. Caracterización de eventos extremos asociados a la precipitación usando RClimdex, en la parte central del Departamento de Santander, Colombia. Publicaciones de la Asociación Española de Climatología. Serie A; 8.

R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org/.

Sohrabi, M. M., Marofi, S., Ababaei, B. 2009. Investigation of temperature and precipitation indices by using RClimDex and R software in Semnan province. In *International conference on water Resources*.

Sohrabi, M. M., Ryu, J. H., Alijani, B. 2013. Spatial and Temporal Analysis of Climatic Extremes in the Mountainous Regions of Iran. *International Journal of Climate Change: Impacts & Responses*, *4*(4).

Tapasco, J., Martínez, J., Calderón, S., Romero, G., Ordóñez, D., Álvarez, A., Sánchez-Aragón, L., Ludeña C. 2015. Impactos económicos del cambio climático en Colombia: Sector ganadero. Monografía No. 254. Banco Interamericano de Desarrollo. Washington D.C., EE.UU.

Tallarico, G., Batista, E., Fernandez, M., Benolli, M., Solarte, A., Barth, I. 2021. Familias de la Agricultura Familiar en Argentina y Colombia realizan análisis participativo de sus riesgos climáticos. Encuentro Regional Soluciones Verdes EUROCLIMA+ para Latinoamérica. Disponible en https://euroclimaplus.org/soluciones2021/soluciones-verdes/#adaptacionbasada

Torrijos, R., Beltrán, Y., Eslava, F. 2015. Contexto Ganadero Regional 2015. Comité Departamental de Ganaderos del Caquetá. Florencia, Caquetá, Colombia. 30p.

Torrijos, R. 2021. Cifras de Contexto Ganadero Caquetá 2021. Ed. Comité Departamental de Ganaderos del Caquetá. Florencia, Caquetá, Colombia. 32p.

Velasco, M. D. L. Á., Morales, T., Estrella, N. G., Díaz, R., Juárez, J. P., Hernández, M., Bernal, R. 2015. Tendencias y variabilidad de índices de cambio climático: enfoque agrícola en dos regiones de México. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 6(7), 1587-1599.

Yepes-Mayorga, A. (2012). Cambio climático: Estrategias de gestión con el tiempo en contra... Orinoquia, 16(1), 77-92.

Zhang, X., Yang, F. 2004. RClimDex (1.0) User Guide. Climate Research Branch Environment Canada: Downsview, Ontario, Canada.

Propuesta metodológica para la evaluación de la resiliencia a la variabilidad climática, en sistemas silvopastoriles familiares en este y noreste de Uruguay

Methodological proposal for the evaluation of resilience to climate variability in family silvopastoral systems in eastern and northeastern Uruguay

Ingrid Romero Sandoval.

Estudiante de la maestría en Ciencias Agrarias, opción Ciencias Sociales de la Facultad de Agronomía, Universidad de la República
ingrideromeros@gmail.com

Resumen

En este documento se presenta una propuesta metodológica para la medición de la resiliencia climática y algunos resultados preliminares del proceso. La misma está siendo aplicada en una investigación de maestría en Ciencias Agrarias que tiene como objetivo general, evaluar la capacidad de resiliencia a la variabilidad climática de productores ganaderos familiares del Este y Noreste de Uruguay que han implementado sistemas silvopastoriles y otras estrategias adaptativas. Los objetivos secundarios son identificar la contribución de los SSP y/o montes forestales en la construcción de resiliencia; conocer la percepción de vulnerabilidad, respuestas y recuperación de los ganaderos familiares ante eventos climáticos adversos; e identificar las estrategias adaptativas implementadas por los productores para enfrentar eventos climáticos adversos.

El enfoque propuesto en este trabajo aplica el marco analítico propuesto por Béné *et al*. (2012). Se desarrolló una matriz de indicadores de evaluación de resiliencia, compuesta por las tres capacidades que la componen: y cinco dimensiones: social, económica, ecológica, física e institucional. Estos indicadores se han seleccionado a partir de la fundamentación teórica y las características particulares de la ganadería familiar del Uruguay. También se analiza la percepción de los agricultores sobre la variabilidad climática y su vulnerabilidad al clima.

El estudio abarca los departamentos de Rocha, Maldonado, Lavalleja, Cerro Largo y Treinta y Tres. La población de estudio son 18 casos de ganaderos familiares que han implementado SSP y/o montes forestales y otras medidas de adaptación. Sé utilizó la entrevista semiestructurada como método de recogida de datos.

Palabras clave: *Adaptación, Ganadería familiar, Vulnerabilidad.*

Abstract

This paper presents a methodological proposal for measuring climate resilience and some preliminary results of the process. It is being applied in a master's degree research in Agricultural Sciences whose general objective is to evaluate the resilience capacity to climate variability of family livestock producers in eastern and northeastern Uruguay who have implemented silvopastoral systems and other adaptive strategies. The secondary objectives are to identify the contribution of the SSP and/or forestry mounts in building resilience; to know the perception of vulnerability, responses and recovery of family livestock farmers to adverse climatic events; and to identify the adaptive strategies implemented by the producers to face adverse climatic events.

The approach proposed in this work applies the analytical framework proposed by Béné *et al*. (2012). A matrix of resilience assessment indicators was developed, composed of the three component capacities: and five dimensions: social, economic, ecological, physical and institutional. These indicators were selected based on the theoretical foundation and the particular characteristics of family livestock farming in Uruguay. Farmers' perceptions of climate variability and their vulnerability to climate are also analyzed.

The study covers the departments of Rocha, Maldonado, Lavalleja, Cerro Largo and Treinta y Tres. The study population is 18 cases of family livestock farmers who have implemented SSP and/or forest coppices and other adaptation measures. A semi-structured interview was used as a method of data collection.

Key words: *Adaptation, Family livestock, Vulnerability.*

Introducción

Los sistemas socioecológicos (SSEs) definidos por primera vez por Berkes & Folke (1998) se refieren a los sistemas (y subsistemas) integrados por el componente humano y biofísico, en donde las acciones humanas inciden en lo natural y éste a su vez incide en el sistema social. Es debido a esta interacción que Gallopin (1994) propone el análisis de las características estructurales y de funcionamiento de los “socio-ecosistemas” utilizándolos como “unidades de gestión” para lograr el desarrollo sustentable y para reducir las vulnerabilidades que disminuyen las capacidades de los sistemas naturales.

Según el IPCC (2014a) la vulnerabilidad climática comprende una variedad de conceptos y elementos, como las condiciones sociales, económicas, etc.,

que incluyen la sensibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación, lo que indica la debilidad de los sistemas naturales y humanos al cambio del clima. Para Adger, *et al*., (2007) un sistema es vulnerable a los efectos de las variables climáticas cuando el nivel y grado de exposición a las perturbaciones disminuye sus cualidades productivas, ejerciendo una presión cada vez mayor en los medios de vida de los productores rurales. Este autor señala que tres elementos constitutivos de la noción integrada de vulnerabilidad son 1) la exposición a la variabilidad y el cambio del clima, 2) la sensibilidad a un peligro climático natural específico, y 3) la capacidad de adaptación del sistema para enfrentar y adaptarse a los impactos de esas condiciones. La vulnerabilidad de los SSEs a los cambios en las variables climáticas estará determinada entonces por la exposición climática, la sensibilidad del agroecosistema y la capacidad de adaptarse a estos cambios. El estudio de la vulnerabilidad de los sistemas ganaderos familiares a las variables climáticas ha despertado gran interés en el país, debido a la importancia económica de la actividad y la sensibilidad de esta población ante los efectos de los eventos climáticos. Entre algunos estudios se pueden nombrar a Cruz *et al*. 2007; Cruz *et al*. 2014; Cruz *et al*. 2018; evrouw *et al*. 2007; MGAP-FAO. 2012; Malaquín *et al*. 2012; Malaquín y Morales. 2012; Jones *et al*. 2012; MGAP- FAO. 2013; Diaz *et al*. 2019. Estos autores concluyen que la vulnerabilidad de la ganadería en Uruguay está representada principalmente por efectos de las sequías que son el evento climático con mayor impacto, especialmente en zonas más vulnerables como las ubicadas en suelos superficiales y con alta carga animal. Este evento afecta no solo la productividad de los campos, sino que también reduce la tasa de preñez, el peso del animal, los resultados económicos y los ingresos netos por hectárea.

Es imposible controlar la exposición de los SSEs a la incertidumbre climática, lo que se puede hacer es disminuir su sensibilidad ante un evento adverso, y aumentar su capacidad adaptativa, implementando medidas para la generación de resiliencia.

La vulnerabilidad de la ganadería frente a los eventos climáticos se puede agravar por prácticas de manejo inadecuadas, por ejemplo, el sobrepastoreo es una de las principales causas de desaparición de las especies más productivas del campo natural (Achkar *et al*., 2015a)), además del subsecuente riesgo de desertificación y erosión (Piñeiro G. 2011). Adicionalmente, la baja cobertura de montes forestales disminuye el bienestar animal (Ferreira *et al*., 2014) y reduce la capacidad de fijación de dióxido de carbono (CO_2) de la actividad (Fedrigo *et al*., 2018). En consecuencia, la gestión adecuada del campo natural, la implementación de sistemas silvopastoriles y el uso de otras estrategias adaptativas reducen la vulnerabilidad a la variabilidad climática.

La presente investigación tiene como objetivo general evaluar la capacidad de resiliencia a la variabilidad climática, de productores ganaderos familiares del Este y Noreste de Uruguay que han implementado sistemas silvopastoriles y otras estrategias adaptativas.

Como primer objetivo específico se busca identificar la contribución de los SSP y/o montes forestales en la construcción de resiliencia; conocer la percepción de vulnerabilidad, respuestas y recuperación de los ganaderos familiares ante los eventos climáticos adversos e identificar las estrategias adaptativas implementadas por los productores para afrontar los eventos climáticos adversos.

Diferentes enfoques en la evaluación de la resiliencia

Recientemente ha habido un creciente interés académico en torno a la resiliencia, como un concepto para orientar el desarrollo y la adaptación a los cambios climáticos, en consecuencia, cada vez más organizaciones integran este término en el análisis de gestión de los agroecosistemas. Es debido a esto que distintas metodologías han sido desarrolladas para aportar al conocimiento de la resiliencia y capacidad de adaptación de sistemas socioecológicos. Jones & Tanner (2017) explican que los enfoques estandarizados para la medición de la resiliencia pueden dividirse en dos categorías: las evaluaciones objetivas que se refieren a mediciones independientes del juicio de los sujetos a estudiar y en donde prima la observación externa, y las evaluaciones subjetivas que valoran el conocimiento y perspectivas de las personas sobre su propia resiliencia y los factores que contribuyen a ella.

Distintas metodologías y marcos de medición han sido utilizados para conocer la resiliencia y capacidad de adaptación de los sistemas socioecológicos, entre los distintos autores u organizaciones de pueden nombrar a Bennett, et. Al. (2005), Constas *et al*. (2014), Marshall & Stokes (2014), Turbay *et al*. (2014), Groot *et al*. (2016), Birhanu *et al*. (2017), Karimi *et al*. (2017), Quandt *et al*. (2017), Torrico *et al*. (2017), entre otros. Éstos se diferencian en los enfoques con los que abordan el tema en el contexto climático y en los métodos para cualificar y/o cuantificar la magnitud resiliente de los socioecosistemas. Por otra parte, Douxchamps *et al*., (2017) expresan consenso entre la comunidad científica para atribuir a la resiliencia tres capacidades (elementos estructurales del marco analítico de esta investigación) que permiten su estudio y análisis: a) capacidad de amortiguación, b) adaptación y c) transformación (Béné *et al*., 2012), y expresan que, para el uso de herramientas de evaluación sobre el tema, es necesario recopilar datos cuantitativos y cualitativos para abordar la

complejidad, e incluir indicadores simples y operacionales de estabilidad y de choque.

Algunas organizaciones internacionales, de investigación y de desarrollo también se han interesado en analizar los sistemas socioecológicos y la resiliencia adquirida en la gestión de los mismos. Douxchamps *et al*. (2017) condensan y analizan los marcos teóricos utilizados por estas organizaciones, entre las que se puede destacar: el Instituto Universitario de las Naciones Unidas para el Estudio Avanzado de Sostenibilidad (UNU-IAS), la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la agencia de cooperación técnica para el desarrollo sostenible del Gobierno Federal Alemán (GIZ), OXFAM internacional, el Instituto Internacional para el Desarrollo Sostenible (IISD), el Instituto Internacional para el Medio Ambiente y el Desarrollo (IIED), Resilience Alliance, entre otros.

En general, los marcos nombrados anteriormente se diferencian en cuanto a las perspectivas epistemológicas de la resiliencia, los métodos utilizados para la recopilación de los datos, la escala de evaluación y la metodología de análisis de datos. Como ya lo había descrito Cumming *et al*. (2005) el concepto de resiliencia conlleva a una multiplicidad de orientaciones, dimensiones, usos y metodologías.

Materiales y métodos

En esta investigación se implementó un diseño de exploratorio de múltiples casos, en donde se integran datos cualitativos y cuantitativos para dilucidar aspectos de la realidad indagada. El marco analítico de este estudio se compone de tres elementos estructurales y multidimensionales propuestos por Béné *et al*. (2012) para la exploración de la resiliencia.

La metodología para la medición de la resiliencia se inspira en las aproximaciones realizadas por Béné (2013. En este sentido se desarrolla una matriz multidimensional de indicadores de resiliencia compuesto por las tres capacidades que la componen: a) amortiguación, b) adaptación y c) transformación y cinco dimensiones: social, económica, ecológica, física e institucional. Estos indicadores se han seleccionado a partir de la fundamentación teórica y las características particulares de la ganadería familiar del Uruguay. Sobre estos indicadores se desarrolla la pauta para la recolección de datos.

Se desarrolla un análisis multidimensional a partir de la evaluación de indicadores cualitativos y cuantitativos, entendiendo que es la combinación de las dimensiones sociales, económicas, ecológicas físicas e institucionales

lo que finalmente permite la toma de decisiones para afrontar las adversidades climáticas, y no desde una sola dimensión implementada de forma aislada.

Este estudio se realiza en los departamentos de Rocha, Maldonado, Lavalleja, Cerro largo y Treinta y tres, abarcando el Este y el Noreste de Uruguay. Se releva información a partir de entrevistas semiestructuradas a ganaderos familiares que han implementado montes y otras medidas de adaptación. La pauta está compuesta de preguntas de carácter informal, múltiple elección y abiertas de opinión, apoyadas sobre tópicos a resaltar durante la indagación, con esta también se explora la percepción sobre el clima y eventos climáticos que afectan al sistema productivo en un rango de 15 años, la sensación de vulnerabilidad climática, percepción de recuperación y experiencias respecto a los silvopastoriles y las nuevas prácticas incluidas.

Construcción de indicadores

Los indicadores de resiliencia se seleccionaron a partir de la revisión bibliográfica sobre resiliencia en Sistemas socioecológicos (SSEs), de distintas investigaciones realizadas en el país y de los resultados obtenidos en los proyectos de adaptación realizados por la Dirección General de Desarrollo Rural (DGDR) y la Oficina de Programación y Política Agropecuaria (OPYPA).

En la selección de indicadores se buscó que sean medibles u observables y/o inferidos o extraídos del lenguaje verbal, que sean pertinentes con el universo del estudio y que entreguen información relevante para comprender si la implementación de SSP y el uso de otras estrategias adaptativas, pueden generar mayor resiliencia en la ganadería familiar.
Los indicadores elegidos se clasificaron de acuerdo a la capacidad de resiliencia a la que corresponden y a la dimensión a la que pertenecen. De esta manera se emplea la matriz de resiliencia climática propuesta por Welle *et al*. (2014). Se desarrolló una pauta de entrevista semiestructura para cada grupo de estudio que abarca los indicadores estudiados y las percepciones de los entrevistados.

Cuadro 1. Matriz de resiliencia climática.

Matriz de Indicadores				
		Capacidad de:		
		Amortiguación (Absorción)	**Adaptación**	**Transformación**
Dimensión:	**Social**	Trabajo familiar, acceso a servicios básicos en el hogar, escolaridad, experiencia en la actividad, percepción de vulnerabilidad del hogar al clima.	Aprendizaje de eventos climáticos anteriores, conocimiento de amenazas y oportunidades, acceso a servicio de extensión	Tenencia de la tierra, relevo generacional, participación en organizaciones sociales, desarrollo de nuevos conocimientos y acceso a capacitaciones, equidad de género.
	Económica	Soporte al "medio de vida", estabilidad de la producción, tenencia de animales, genética, presión de pastoreo, disponibilidad de agua para la producción perdidas por evento climático, servicios financieros, fondo de emergencia agropecuaria.	Dependencia de insumos, productividad, conocimiento de precios de insumos y productos, conocimiento del mejor momento para comprar y vende, gestión de bienes, diversificación productiva.	Cambio en actividades productivas, incursión en nuevos rubros, aprovechamiento de nuevas condiciones, rol de la mujer en el sistema productivo.
	Ecológica	Estado y uso de suelos, desertificación y/o erosión, intensidad del uso de agua por actividad económica, estado pasturas o campo natural.	Desarrollo de prácticas sustentables, biodiversidad y hábitat, importancia que le atribuye a montes/forestación, manejo de la pastura o campo natural, manejo de carga, prácticas de manejo silvopastoril.	Cambios en el uso de aguas y suelo, tratamiento y generación de residuos, incremento de superficie con cubierta vegetal, servicios ambientales de los montes, Incremento de la superficie bajo planes de gestión sustentable, buenas prácticas adoptadas en gestión de recursos forestales.
	Institucional	Planes prediales, mecanismos de apoyo institucional, entornos de políticas.	Regulaciones sobre el uso de la tierra y el agua, percepción de apoyo institucional.	Importancia del tema climático en las organizaciones sociales, gobernanza
	Física	Estado y acceso a maquinaria, edificios, y/o equipos, adelantos tecnológicos, estado de las vías de acceso.	Infraestructura (contra riesgos climáticos), gestión conjunta de bienes (campos de recría u otros), tecnologías relevantes de adaptación al cambio climático transferidas o implementadas, fuentes de agua mejoradas.	Nuevas infraestructuras desarrolladas, uso de nuevas tecnologías apropiadas.

Fuente: Elaboración propia

Análisis de Datos

Una vez realizadas las entrevistas se realiza el proceso de transcripción de las mismas, los datos o respuestas obtenidas se organizan en una grilla o matriz para ser analizada, de esta manera los datos se clasifican según los ejes temáticos o categorías de análisis que han servido de tópico en el guion de las entrevistas. Estas categorías son predefinidas a partir del marco teórico y conceptual y se corresponden con el marco de evaluación de la resiliencia definido para este estudio.

Se procede a la codificación, organización de la información de acuerdo a las categorías predefinidas y análisis de la grilla por ejes temáticos, en este caso análisis de acuerdo a cada capacidad de la resiliencia y a las dimensiones que corresponden con los indicadores. El siguiente paso es la triangulación respecto a las fuentes se información (productores SSP, grupo de control, técnicos), respecto a los métodos utilizados y respecto a la teoría para abordar el problema.

Al momento de la presentación de este documento se han aplicado 18 entrevistas semiestructuradas a ganaderos del grupo 1, 8 entrevistas semiestructuras al grupo de control y 3 entrevistas abiertas a técnicos.

Resultados Y discusión preliminares

A continuación, se presentan un avance preliminar de los resultados de 18 entrevistas semiestructuradas realizadas entre septiembre de 2019 y marzo de 2020.

Los datos obtenidos de las entrevistas han sido organizados en la grilla y se encuentra en proceso de análisis, por lo tanto, la siguiente información suministrada es un primer acercamiento a los resultados y presenta las condiciones del hogar rural, información básica de las unidades productivas y la percepción que tiene los productores ganaderos sobre el estado del clima.

Información Básica De La Muestra

En el grupo 1 se relevó información de 18 unidades productivas familiares, en algunos casos con la presencia de más de un miembro del grupo familiar (4 parejas), para un total de 22 productores entrevistados. Respecto a la ubicación geográfica, el 11% de las unidades se encuentran en el departamento de Rocha, 17% en Treinta y Tres, 17% en Cerro Largo, 22% en Lavalleja y 33% en Maldonado.

Participaron de este estudio, 16 hombres y 6 mujeres, con un promedio de edad de 59 años para ambos sexos. Respecto al nivel de estudio alcanzado por los entrevistados, se encontró que un 23% de éstos han cursado primaria, 50% secundaria, 5% educación técnica, 14% magisterio y finalmente, 9% educación universitaria.

Características de los hogares entrevistados

En el análisis de la resiliencia para la ganadería familiar se tienen en cuenta las condiciones del hogar rural, que son importantes en términos estructurales y económicos para sobrellevar los momentos de crisis, debido a eventos climáticos adversos. Estas condiciones permiten a la producción familiar reducir su vulnerabilidad ante el riesgo y la incertidumbre y son fundamentales al momento de analizar la capacidad de absorción de las unidades productivas, entendiendo a esta capacidad, como la posibilidad de un sistema de prepararse para mitigar, o recuperarse de los impactos de eventos negativos usando respuestas de resistencia predeterminadas con el fin de preservar y restaurar funciones y estructuras básicas y esenciales. (Béné *et al*., 2012).

Por lo anterior, es necesario indagar sobre las características del hogar que permiten suplir las necesidades básicas de la familia rural y reducir los efectos sociales y económicos frente a momentos adversos. La estabilidad y cobertura de las necesidades básicas de los hogares rurales es una parte importante en la estabilidad de la unidad productiva, la disponibilidad y facilidad de acceso a los servicios básicos, necesarios para la vivienda rural mejoran la calidad de vida de la familia rural. Es por esto que en esta investigación se indaga sobre el acceso a agua, energía eléctrica, atención médica y estado de la caminería.

Fuentes de ingreso: Los hogares entrevistados componen un grupo de 53 personas, estos núcleos familiares presentan en promedio 3 integrantes, de los cuales un 49 % (26 personas) trabaja exclusivamente en el predio, un 28% (15 personas) trabaja tanto dentro como fuera del predio, un 11% obtiene ingresos de trabajo exclusivamente fuera del predio y 11% no trabajan por dedicarse a actividades escolares. El 28 % que combina la actividad predial con otras actividades, obtiene ingresos del ejercicio profesional, de la actividad comercial o reciben ingresos por rentas o jubilación.

Agua: Todos los casos entrevistados disponen de una o dos fuentes de agua para el hogar, estas mismas se diferencian tanto en el origen de la fuente, como en la estabilidad que el productor le otorga a la fuente.

Respecto al origen, 39% de los casos poseen pozo perforado en donde se hace captación de agua subterránea, 22% tiene como fuente principal el agua de lluvia que se almacena en un aljibe para su uso, 17% se proveen de agua de Ose al estar ubicados en zonas próximas a un perímetro urbano, finalmente, 11% dispone de agua de manantial, entendida como una vertiente que surge de la tierra en donde no fue necesaria la perforación para acceder al recurso. Por otro lado, un 11% de los casos obtiene agua de "Cachimba", que es una perforación de poca profundidad de donde se obtiene el agua (Chans y Urse, 2012). De los anteriores un 28% poseen fuentes alternativas, como el almacenamiento de agua de lluvia, acceso a agua de cañada, y perforaciones; todas estas fuentes alternativas pueden ser usadas en caso de no disponer de la fuente principal ante eventos adversos como casos de sequía, o interrupciones en el servicio de OSE.

Otros servicios: En general, todos los entrevistados consideran que tienen acceso a los servicios básicos necesarios para la vivienda rural, como son el acceso a atención médica, energía eléctrica y caminería. Sin embargo, como se presenta más adelante, los servicios no son estables frente a determinadas circunstancias. En cuanto a la atención en salud se encontró que las distancias de acceso al servicio oscilan entre los 1 km y 40 km, 83% de los hogares entrevistados manifestaron tener acceso a servicios de salud primario en Policlínicas municipales y 17% servicio en hospitales y mutualistas de ciudades intermedias.

Sobre al acceso a la energía eléctrica, 89% de estos hogares cuentan con el servicio y 11% no tiene energía eléctrica; de estos últimos, un caso accede a otra fuente de energía como la solar. Sobre las vías de acceso 56% de los predios entrevistados se encuentran sobre caminos rurales, 33% de los predios se encuentran ubicados sobre carreteras departamentales y 11% sobre carreteras nacionales.

Información de las unidades productivas

Todos los casos tienen en promedio 32,5 años de experiencia en el rubro ganadero, con un tamaño promedio del predio de 341 hectáreas. En cuanto a la diversificación de la actividad productiva, 12 casos expresan que no tienen diversificada la producción, por lo tanto, se dedican a actividades de ganadería exclusivamente, adicionalmente, 6 casos si realizan otras actividades productivas diferentes a la ganadería para complementar sus ingresos; en este sentido, 2 casos realizan actividades de agricultura, 1 caso posee un vivero forestal, 1 caso complementa sus ingresos con fruticultura nativa, en 1 caso fabrican dulces caseros que son comercializados en ferias y comercios, y en 1 caso cultivan alfalfa para la venta de fardos.

Respecto a la orientación ganadera de los predios indagados, 61% tienen como principal rubro la producción de bovinos de carne combinado con ovinos, 6% principalmente ovinos y 33% exclusivamente bovinos. Sobre el ciclo productivo de las explotaciones ganaderas, 6 casos realizan actividades de cría, 1 caso exclusivamente recría, 1 caso recría e invernada, 8 casos actividades de cría y recría, 1 caso realiza ciclo completo y 1 caso se dedican exclusivamente a la invernada.

Percepción sobre el clima

En este capítulo se condensan las subjetividades de los entrevistados sobre el estado del clima y sus efectos derivados en el sistema productivo, Berkes, Colding and Folke, (2003) explican que el propósito principal de evaluar la resiliencia es identificar las vulnerabilidades en los sistemas socioecológicos para que se puedan tomar medidas para crear un futuro más sustentable, por lo tanto, para analizar la resiliencia ante la adversidad climática es necesario comprender la integralidad del término socioecológico, analizando junto a las mediciones contrastables las subjetividades y configuraciones culturales; como lo expresa Ulloa, (2014) es necesario destacar las dimensiones e implicaciones culturales del cambio climático, al igual que la diversidad de asociaciones y percepciones sobre el clima, dado que los conocimientos locales son claves en la generación de estrategias de manejo de la variabilidad climática y en las propuestas de políticas que incluyan diversas maneras de abordar las transformaciones ambientales.
Indagado sobre la percepción que tiene los productores respecto al estado del clima y cómo se comportan las estaciones, todos los casos entrevistados expresaron que el clima no se comporta según lo esperado y notan cambios cada vez más frecuentes en el clima. Durante el desarrollo de las entrevistas se encontró el uso del término “seca” para referirse a la sequía y se usan ambos términos de forma indistinta, adicionalmente los productores expresaron las siguientes alteraciones:

Cambios en el comportamiento esperado de las medias estaciones (otoño – primavera), manifestando que no están tan marcadas y definidas como en años anteriores; veranos e inviernos más rigurosos, así como mayor agresividad e impacto del sol en los cultivos y animales; cambios en los patrones de lluvias anual, adicionalmente expresaron que el agua de lluvia se evapora con mayor rapidez sobre la superficie del suelo; viento y temporales cada vez más fuertes y cambios en el régimen de heladas. Los casos infieren que estos cambios climáticos se han acentuado entre los últimos 3 a 8 años.

Vulnerabilidad de los servicios del hogar rural

La percepción de estabilidad de la fuente de agua se consulta resaltando dos aspectos básicos como son: al acceso en todo momento y la disponibilidad del recurso en situaciones donde se corre el riesgo de afectarse. En este sentido, 78% de los casos definió como "estable" del suministro de agua para el hogar, por tener fuentes alternativas o jamás haber presentado escases del recurso, el 28% restante definió como "inestable" la fuente de agua debido principalmente al difícil acceso a la fuente o sensibilidad del suministro frente a eventos adversos como la sequía.

Sobre la condición de los servicios, la estabilidad de la energía eléctrica se señala como el principal problema, 56% de los casos manifestaron ser afectados por cortes debido a tormentas o fallas del ramal eléctrico. Este tipo de fallas ocasiona un efecto cascado en otros servicios de vital importancia para el hogar y la producción. Por ejemplo, la falta de energía para el bombeo de agua de pozos para abastecer el consumo del hogar y para actividades productivas.

Por otro lado, el 28% de los casos manifiestan dificultades en la red vial durante eventos climáticos adversos como tormentas y lluvias fuertes, que dificultan el acceso a los predios por inundación de cañadas y arroyos, el material de los caminos rurales es de balastro lo que incide en su deterioro por exceso de lluvias. Los casos ubicados en zonas con topografía más quebrada, como en algunas zonas de los departamentos de Rocha y Cerro largo son los más afectados por el estado de la caminería.

Por otra parte, cuatro casos (22%) de los entrevistados expresan mayor vulnerabilidad del servicio de agua para actividades del hogar y productivas. Principalmente en verano y durante sequías, estos casos se corresponden con aquellos que tienen una fuente de agua principal "inestable" como es el agua de lluvia.

Es interesante observar que cuando se expresa vulnerabilidad sobre el exceso de lluvia, esta misma vulnerabilidad está asociada a el deterioro de la caminería y al aislamiento que dificulta el acceso a los predios. Los predios entrevistados que se encuentran sobre caminos rurales son seriamente afectados por eventos climáticos al punto de limitar en algunas ocasiones el acceso, también algunos cuentan con acceso por servidumbre de paso hasta el hogar, los predios se encuentran ubicados sobre carreteras departamentales y nacionales no presentan problemas de acceso.

Finalmente, 22% de los casos no han visto los servicios básicos de agua, energía eléctrica, telefonía y caminería afectados por condiciones climáticas.

Los hogares ubicados en cercanía a las zonas urbanas poseen servicios más estables frente a aquellos vulnerables que están condicionados por el aislamiento.

Vulnerabilidad climática de la ganadería familiar

En este apartado se indaga la percepción que los entrevistados tienen sobre los eventos climáticos a los que han estado expuestos y la sensibilidad del sistema productivo a estos daños. Se hace especial énfasis en conocer eventos climáticos extremos han ocurrido en los últimos 15 años (2004 – 2019) y como han afectado sus sistemas productivos.

Respecto a la percepción de sensibilidad del sistema productivo ante eventos climáticos adversos, 72% de los casos consideran que son más sensibles a eventos de sequía o seca, 11% a eventos relacionados con heladas y tormentas y 17% consideran que son afectados tanto por ambos eventos climáticos extremos.

Sobre los eventos extremos ocurridos en el rango 2004-2009 se encontró que trece casos (72%) expresan haber sido afectados únicamente por sequías, dos casos (11%) han sufrido efectos por sequía y heladas o tormentas y un caso (6%) se ha visto afectado por exceso de lluvias. Adicionalmente, dos casos (11%) expresan no haber sido afectos por eventos los últimos 15 años, pero recuerdan haber sido afectado por la sequía de 1988/89 y otro caso en 1978/80.
Sobre los daños y afectos de estos eventos climáticos, los entrevistados expresaron haber sufrido múltiples consecuencias en sus predios, tres casos expresaron que, ante eventos de sequía, la dotación de ganado estaba por encima de la capacidad del campo en ese momento. Esto se debió a que los productores, no previeron o esperaban otro comportamiento en el clima.

Ante el evento de sequía, en doce casos, se presentó deficiencia de disponibilidad de pasto para alimentación de los animales, por lo que tuvieron que recurrir a otras alternativas de alimentación como ración, uso de melaza y sales proteicas o compra de fardos. En siete casos recurrieron a la venta de animales para bajar la carga, seis casos se vieron afectados por falta de agua para los animales, tres casos se vieron afectados por bajo porcentaje de preñez, dos casos tuvieron afectación de los montes plantados y un caso expreso que durante la sequía del 2008 el campo se llenó de langostas y arañas de lino. (Debido a desequilibrios ecosistémicos que se ha agudizado aún más por la sequía y las altas temperaturas, las langostas y arañas de lino de han convertido en una plaga).

Conclusiones

Estudiar la resiliencia en la producción ganadera familiar implica abordar la integralidad que caracteriza a los estos SSEs, explorando no solo a la producción ganadera, sino el entorno ambiental y a los actores implicados y sus medios de vida. De estas interrelaciones se generan dinámicas y sinergias complejas y la impredecibilidad que caracteriza a los SSEs. Esta investigación se centra en aquellos casos que han integrado sistemas silvopastoriles como una estrategia adaptativa que permite lidiar con la incertidumbre climática, por tanto, es de carácter representativo para estos casos en concreto, sin pretender generalizar el universo de ganaderos familiares del Uruguay.

La estabilidad del hogar rural es fundamental en la estabilidad de la unidad productiva y en los resultados económicos de la misma. La cobertura de las necesidades básicas aumenta la calidad de vida de los productores familiares y reduce su vulnerabilidad ante el riesgo y la incertidumbre climática, punto de gran importancia en el análisis al considerar que la fuerza de trabajo del predio está compuesta por los integrantes de la familia y los roles que estos asumen en el sistema productivo. Esta estabilidad genera respuestas de resistencia que permiten preservar y restaurar la funcionalidad del medio de vida.

Indagar sobre las impresiones que tiene los productores sobre el clima, sus experiencias, riesgos y estrategias de afrontamiento ante la crisis, permite conocer las subjetividades con la que interpretan su realidad e interactúan el entorno que les rodea. La totalidad de los ganaderos familiares entrevistados coinciden en que el clima ya no es tan estable como hace algunos años y se consideran afectados negativamente por los cambios climáticos experimentados. Los entrevistados coinciden en que los eventos climáticos extremos afectan los resultados económicos de la ganadería y limita la recuperación, expresan consenso sobre la necesidad de implementar estrategias que les permita adaptarse a las actuales condiciones de incertidumbre climática.

Bibliografía

Achkar, M., Brazeiro, A. y Bartesaghi, L. 2015a. Evaluación de las principales presiones y amenazas a la biodiversidad de Uruguay. En Brazeiro, A. (ed.). Eco-regiones de Uruguay: Biodiversidad, Presiones y Conservación. Aportes a la Estrategia Nacional de Biodiversidad. Facultad de Ciencias, CIEDUR, VS-URUGUAY, SZU. Montevideo. 70-85 pp

Adger, N. W., Agrawaia, S., Mirza, M. M. Q., Conde, C., O'Brien, K., Pulhin, J., Pulwarty, R., Smit, B., & Takahashi, K. (2007). Assessment of adaptation practices, options, constraints and capacity. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability.

Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 717-743.

Béné, C., Godfrey, R., Newsham, A., & Davies, M. (2012). 'Resilience: new utopia or new tyranny?'. En IDS Working Paper (Vol. 405, Número 405). http://www.ids.ac.uk/publication/resilience-new-utopia-or-new-tyranny

Bennett, E. M., Cumming, G. S., & Peterson, G. D. (2005). A Systems Model Approach to Determining Resilience Surrogates for Case Studies. Ecosystems, 8(8), 945-957. https://doi.org/10.1007/s10021-005-0141-3

Berkes, F., & Folke, C. (1998). Linking social and ecological systems for resilience and sustainability. En Linking Social and Ecological Systems.

Constas, M., Frankenberger, T. & Hoddinott, J. 2014. Resilience Measurement Principles: Toward an Agenda for Measurement Design. Resilience measurement Technical Working Group. Technical Series No. 1. Rome: Food Security Information Network, World Food Program and Food and Agriculture Organization. Disponible en: http://www.fsincop.net/fileadmin/user_upload/fsin/docs/resources/FSIN_29jan_WEB_medium%20res.pdf

Cruz, G, Bettolli, M. L., Altamirano, M. A., Rudorff, F., Martinez, A., Arroyo, J., Armoa, J., Torres, M. F., & Tito, P. (2007). Evaluación De La Vulnerabilidad Actual Y Futura De Los Sistemas Pastoriles Frente A La Variabilidad Y Al Cambio Climático: Caso Uruguay. En Semana de Reflexión sobre Cambio y Variabilidad Climática.

Cruz, G., Baethgen, W., Bartaburu, D., Bidegain, M., Giménez, A., Methol, M., Morales, H., Picasso, V., Podestá, G., Taddei, R., Terra, R., Tiscornia, G., & Vinocur, A. M. (2018). Thirty years of multilevel processes for adaptation of livestock production to droughts in Uruguay. Weather, Climate, and Society. https://doi.org/10.1175/WCAS-D-16-0133.1

Cruz, G, & Astigarraga, L. (2014). Estudio de la variabilidad climática en la cuenca lechera del sw del uruguay. Junio 2016, 3-5.

Chapin III FS, Folke C, Kofinas GP 2009. A Framework for Understanding Change. In: Principles of ecosystem stewardship, Resilience-based natural resource management in a changing world. Chapin III FS, Folke C, Kofinas GP (eds.). Springer Science+Business Media. pp: 3-28

Díaz I., Achkar M., Diéguez F., Mazzeo N. 2019. Evaluación de la vulnerabilidad de productores ganaderos de las Sierras del Este en diferentes escenarios. Noviembre de 2019. Agrociencia Uruguay 23(2):1-15. DOI: 10.31285/AGRO.23.90

Douxchamps, S., Debevec, L., Giordano, M., & Barron, J. (2017). Monitoring and evaluation of climate resilience for agricultural development – A review of currently available tools. World Development Perspectives. https://doi.org/10.1016/j.wdp.2017.02.001

Ferreira, L., Machado Filho, L., Hotzel, M., Alves, A., & Barcellos, A. (2014). Respostas fisiológicas e comportamentais de bovinos a diferentes ofertas de sombra. Cadernos De Agroecologia, 9(2). Recuperado de http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/15843

Gallopin, G. (1994). Impoverishment and Sustainable Development: A systems Approach. En International Institute of Sustainable Development (p. 80).

Giz. 2014. Valoración y Seguimiento de la Resiliencia Climática. Welle t., Witting M., Birkmann J., Brossmann M., Deutsche Gesellschaft fürInternationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Disponible en: https://www.adaptationcommunity.net/?wpfb_dl=233

IPCC. (2014a). Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

Jones, C., Montes, P., & Oyhantçabal, W. (2016). Estado de Situación. Plan Nacional de Adaptación a la Variabilidad y Cambio Climático – Uruguay.

Levrouw F., Morales H., Arbeletche P., Malaquin I., Tourrand J.-F., Dedieu B. (2007). Estrategias de largo plazo de los ganaderos uruguayos en situaciones de incertidumbre. Agrociencia (2007) Vol XI N° 2 pág. 87 – 93.

Malaquín, I., & Morales, H. (2012). Evaluación de la capacidad de adaptación de los sistemas ganaderos La Clave en la Gestión: Autoevaluar. Revista Plan Agropecuario N° 144, 1-6.

MALAQUIN, I., WAQUIL, P., y MORALES, H. Sustentabilidad social de explotaciones ganaderas: El caso de la región del basalto – Uruguay. Agrociencia Uruguay [online]. 2012, vol.16, n.1, pp.198-202. ISSN 2301-1548.

MGAP-FAO, 2012. Clima de cambios: Nuevos desafíos de adaptación en Uruguay. Variabilidad climática de importancia para el sector productivo. Volumen I. Autores: Bidegain, M., Crisci, C., del Puerto, L., Inda, H., Mazzeo, N., Taks, J., y, Terra, R. Resultado del tcp/uru/3302, Montevideo.

MGAP-FAO, 2013. Sensibilidad y capacidad adaptativa de la ganadería frente al cambio climático. Volumen III de: Clima de cambios: nuevos desafíos de adaptación en Uruguay. Autores: Bartaburu, D., Morales, H., Dieguez, F., Lizarralde, C., Quiñones, A., Pereira, M., Molina, C., Montes, E., Modernel, P., Taks, J., De Torres, F., Cobas, P., Mondelli, M., Terra, R., Cruz, G., Astigarraga L., Picasso, V. Resultado del Proyecto FAO TCP URU 3302, Montevideo.

Piñeiro G. 2011. Impactos de la ganadería sobre la dinámica del C y N en los pastizales del Río de la Plata. En: Bases ecológicas y tecnológicas para el manejo de pastizales. FPTA (Fondo de Promoción de Tecnología Agropecuaria) Nº 175. INIA. 79-96

Ulloa, A. (2014). Dimensiones culturales del clima: Indicadores y predicciones entre pobladores locales en Colombia. Revista Cubana de Antropología Sociocultural. Año, 6, 17-33.

Los Sistemas Silvopastoriles (SSP) cómo herramienta de mitigación en el diseño en la NAMA de Ganadería Sostenible de Colombia

Silvopastoral Systems (SPS) as a mitigation tool in the design of Colombia's Sustainable Livestock NAMA

Serna, L.P.[1], Rivera, J.E.[1], Solano, C.[2], Gómez, M.[3], Hernández, D[3]. Chará, J.[1]

[1]Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria – CIPAV, Colombia. lserna@fun.cipav.org.co; [2]Universidad Técnica Nacional- Sede Atenas, Costa Rica; [3]Federación Colombiana de Ganaderos – FEDEGÁN, Colombia.

Resumen

La Acción de Mitigación Nacionalmente Apropiada (NAMA) de la ganadería bovina en Colombia es una política pública para la gestión del cambio climático mediante su transformación a sistemas integrados de sostenibilidad ambiental, social y económica. Para ello, la NAMA establece un conjunto de acciones, denominadas medidas de mitigación del cambio climático, orientadas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), incrementar la captura de carbono en las fincas ganaderas y aumentar la producción del sistema en sitios priorizados teniendo en cuenta sus características biofísicas, económicas y productivas. Este trabajo describe la importancia de implementar diferentes arreglos silvopastoriles (SSP) para alcanzar los objetivos de mitigación propuestos en la NAMA y aportar a las NDC (Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional) de Colombia, estimadas en una reducción del 51% de sus emisiones en el escenario base para el año 2030 ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). En Colombia, la ganadería ocupa casi un tercio del área total del país, lo cual equivale a 34,4 millones de hectáreas; Un alto porcentaje de esta actividad se realiza bajo sistemas productivos extensivos, en praderas de baja productividad, algunas veces severamente degradadas, con baja capacidad de carga y bajos índices productivos. Se estima que para el año 2030 las emisiones de GEI de la producción bovina ascenderán a 37.906 Gg de CO_2-eq lo que representa el 8% de las emisiones totales de país. Teniendo en cuenta la necesidad de reducir las emisiones de GEI, a la vez mejorar la eficiencia productiva y suplir a creciente demanda de productos cárnicos y lácteos, los sistemas silvopastoriles y la mejora en la gestión del conocimiento en los predios ganaderos se incluyeron en la NAMA como la principal estrategia para lograr las metas de reducción de emisiones de la ganadería en el país. Los SSP propuestos fueron las cercas vivas, árboles dispersos en potrero, setos forrajeros, bancos mixtos forrajeros y sistemas silvopastoriles intensivos. A modo de ejemplo, para mostrar los resultados, se presenta un predio modal que representa un clúster de la región de la

Orinoquia, con orientación al doble propósito. Este ejemplo de conglomerado agrupa 2.760 predios, cuya área modal es de 2 mil hectáreas. Las metas de implementación por área de SSP para los escenarios moderado y optimista se presentan en Tabla 1.

Tabla 1. Metas de implementación y adopción del predio modal en el conglomerado de doble propósito de la Orinoquia.

Cambio en el uso del suelo	Porcentaje (%)	Área (ha)	Escenarios (# Predios)
Pasturas mejoradas	61.2	1224.99	
Liberación de áreas	1	20	Moderado
Árboles dispersos	12	240	442
Cercas vivas	12	240	
Setos forrajeros	0.9	17.2	Optimista
Bancos Mixtos forrajeros	0.1	2.01	1104
Sistemas silvopastoriles intensivos	1	19.4	

NAMA de Ganadería Sostenible

Los GEI para el escenario de referencia, se proyectan en 936.138 t CO_2 eq para el año 2020 y un incremento del 14,4 % al año 2030 (1.070.743 t CO_2 eq). Según el crecimiento y la distribución etaria del hato en el conglomerado utilizado como ejemplo, para el escenario moderado en el año 203, las emisiones crecen el 9,6 %, mientras que el escenario optimista lo hacen en 3,9 %. Si bien las emisiones en los escenarios aumentan, al compararlos con el escenario de referencia, muestran una reducción del 5 y del 10 %, respectivamente. Al integrar el efecto de las remociones de carbono, producto de las pasturas mejoradas, la liberación de áreas y la implementación de SSP, se tienen unas emisiones netas en el escenario optimista al año 2030 del 157% menores con respecto al escenario de referencia. En el escenario moderado, la reducción es del 73%, lo cual significa que las emisiones serán de 289.592 t CO_2eq mientras que, para el escenario optimista, los predios vinculados al conglomerado pasarán a constituir sumideros de carbono con emisiones de -614.891 t CO_2 eq. En cuanto a la producción, tanto la de carne en canal como la de leche, presentan un incremento, en el caso de la carne, en el escenario de referencia se proyecta una producción de 24.510 toneladas en canal para el año 2030, en el escenario moderado de 25.329 y en el optimista de 26.277. Con relación a la producción de leche, el incremento de los escenarios de mitigación también fue mayor con relación al escenario de referencia, para el cual se proyecta una producción de 308 millones de litros en el año 2030. Por su parte, el escenario moderado proyecta un incremento del 1%, lo que se traduce en una producción de 310 millones de litros, mientras que el escenario optimista –con un incremento del 2%– producirá 313 millones de

litros. En lo concerniente al carbono eficiencia, medida en términos de emisiones por unidad monetaria de los costos de producción, tiene una reducción con respecto al escenario de referencia del 4% en el escenario moderado de mitigación y del 7% en el optimista. Tanto para carne como para leche, se proyectan valores más bajos en ambos escenarios de mitigación al año 2030. En el caso de la carne, este indicador estaría entre el 3,7 y 7,4 % menos con relación al escenario de referencia para el cual se estima un valor de 9,1 kg de CO_2 eq/ kg de carne. Para la leche, la reducción del carbono eficiencia presenta igual variación a la carne en términos porcentuales, al pasar de emitir 2,9 kg de CO_2 eq/kg de leche en el escenario de referencia a 2,7 CO_2 eq/kg en el escenario optimista de mitigación. En general la NAMA propone implementar, más de 1.5 millones de hectáreas en diferentes arreglos silvopastoriles en 432 municipios de 21 departamentos del país. La NAMA establece metas de reducción de emisiones, de entre 5,1 y 11,4 millones de toneladas de CO_2-eq/año. Con los modelos silvopastoriles propuestos, se estima capturar entre 2,9 y 21,6 t de CO_2-eq/año y reducir las emisiones de metano (CH_4) por fermentación entérica por unidad animal entre un 5 y un 15% de acuerdo con el sistema utilizado, por lo cual estos sistemas son alternativas viables para lograr los objetivos planteados.

Palabras clave: *captura de carbono, ganadería bovina, gases de efecto invernadero, mitigación, política pública.*

Abstract

The Nationally Appropriate Mitigation Action (NAMA) for cattle ranching in Colombia is a public policy for managing climate change through its transformation to integrated systems of environmental, social and economic sustainability. To this end, the NAMA establishes a set of actions, called climate change mitigation steps, aimed at reducing greenhouse gas (GHG) emissions, increasing carbon sequestration in cattle farms and increasing system production in sites selected on the basis of their biophysical, economic and productive characteristics. This work describes the importance of implementing different silvopastoral arrangements (SPS) to achieve the mitigation objectives proposed in the NAMA and contribute to Colombia's NDC (Nationally Determined Contributions), estimated at 51% of the emissions in the base scenario for the year 2030 before the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). In Colombia, cattle ranching occupies almost one third of the country's rural area, equivalent to 34.4 million hectares; a high percentage of this activity is carried out under extensive production systems, in low productivity pastures, sometimes

severely degraded, with low stocking rates and low productivity. It is estimated that by 2030 GHG emissions from cattle production will amount to 37,906 Gg of CO2-eq, which represents 8% of the country's total emissions. Considering the need to reduce GHG emissions while improving production efficiency and supplying a growing demand for meat and dairy products, silvopastoral systems and improved knowledge management on cattle ranches were included in the NAMA as the main strategy to achieve the country's livestock emissions reduction goals. The SPSs proposed were live fences, dispersed trees in paddocks, forage hedges, mixed forage banks and intensive silvopastoral systems. As an example, to show the results, a modal farm is presented that represents a cluster of the Orinoquia region, oriented to dual purpose. This example of a cluster groups 2,760 properties, with a modal area of 2,000 hectares. The implementation goals by SPS area for the moderate and optimistic scenarios are presented in Table 1.

Table 1. Implementation and adoption goals of the modal farm in the Orinoquia dual-purpose conglomerate.

Change in land use	Percentage (%)	Area (ha)	Scenarios (# Systems)
Improved pastures	61.2	1224.99	
Release areas	1	20	Moderate
Scattered trees	12	240	442
Live fences	12	240	
Forage hedges	0.9	17.2	Optimistic
Mixed fodder banks	0.1	2.01	1104
Intensive silvopastoral systems	1	19.4	

NAMA for Sustainable Livestock

GHG emissions for the reference scenario are projected at 936,138 t CO_2 eq in 2020 with an increase of 14.4% by 2030 (1,070,743 t CO_2 eq). According to the growth and age distribution of the herd in the cluster being analyzed, for the moderate scenario, emissions grow by 9.6% in 2030, while in the optimistic scenario they would grow by 3.9%. Although emissions in both scenarios increase, when compared to the reference scenario, they show a reduction of 5% and 10%, respectively. When integrating the effect of carbon removals from improved pastures, the release of areas and the implementation of SPS, net emissions in the optimistic scenario in 2030 are 157% lower than in the reference scenario. In the moderate scenario, the reduction is 73%, which means that emissions will be 289,592 t CO_2eq, while

in the optimistic scenario, the farms linked to the cluster will become carbon sinks with emissions of -614,891 t CO_2 eq. In the case of beef production, the reference scenario projects a production of 24,510 tons of carcasses in 2030, with 25,329 and 26,277 tons of carcasses in the moderate and optimistic scenarios, respectively. Regarding milk production, the increase in the mitigation scenarios was also greater in relation to the reference scenario, which projects a production of 308 million liters in 2030. The moderate scenario projects a 1% increase, which translates into a production of 310 million liters, while the optimistic scenario - with a 2% increase - will produce 313 million liters. Regarding carbon efficiency, measured in terms of emissions per monetary unit of production costs, there is a 4% reduction with respect to the reference scenario in the moderate mitigation scenario and a 7% reduction in the optimistic scenario. For both meat and milk, lower values are projected in both mitigation scenarios to the year 2030. In the case of meat, this indicator would be between 3.7 and 7.4% lower than the reference scenario for which a value of 9.1 kg CO_2 eq/ kg of meat is estimated. For milk, the reduction in carbon efficiency shows the same variation as for meat in percentage terms, going from emitting 2.9 kg CO_2 eq/kg of milk in the reference scenario to 2.7 CO_2 eq/kg in the optimistic mitigation scenario. In general, the NAMA proposes to implement more than 1.5 million hectares in different silvopastoral arrangements in 432 municipalities in 21 departments of the country. The NAMA establishes emission reduction goals between 5.1 and 11.4 million tons of CO_2-eq per year. With the proposed silvopastoral models, it is estimated that between 2.9 and 21.6 tons of CO_2-eq/year will be captured, and methane (CH_4) emissions from enteric fermentation per animal unit will be reduced between 5 and 15%, depending on the system used, making these systems viable alternatives for achieving the proposed objectives.

Keywords: *carbon sequestration, cattle ranching, greenhouse gases, mitigation, public policy.*

Determinación del stock de carbono en sistemas ganaderos silvopastoriles y tradicionales en el piedemonte Amazónico colombiano

Determination of carbon stock in silvopastoral and traditional cattle systems in the Colombian Amazon piedmont

G. Villegas[1]; J. E. Rivera[1]; J. Chará[1]; M. Romero[2]; L. Verchot[2]

[1]Centro Para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria — CIPAV, Carrera 25 # 6 — 62, 760002. Cali, Colombia. *gvillegas@fun.cipav.org.co*; [2]Alianza Bioversity Internacional - Centro Internacional de Agricultura Tropical, Km 17 recta Cali-Palmira, Cali, Colombia.

Resumen

Los sistemas bovinos convencionales son importantes emisores de gases efecto invernadero (GEI), pero bajo una adecuada gestión y con el uso de alternativas de producción como los sistemas silvopastoriles (SSP) esta actividad productiva puede ser una herramienta de mitigación capaz de transformar la ganadería bovina. Se determinó el contenido de carbono en sistemas silvopastoriles y tradicionales, con el objetivo de medir el efecto de los SSP en el stock de carbono de los sistemas ganaderos convencionales del piedemonte Amazónico colombiano. Se establecieron 40 parcelas temporales de 50 m x 50 m y se determinó el contenido de carbono en árboles, arbustos, gramíneas, hojarasca, detritos, madera muerta, raíces y suelo. Se encontró que los SSP tienen un stock de carbono en la biomasa aérea de 4.6 veces superior, respecto de los sistemas tradicionales (ST). Los contenidos de carbono total en la biomasa aérea fueron de 8.83 y 1.88 Mg C/ha SSP y ST, respectivamente ($p<0.05$). En el suelo los contenidos de carbono fueron 52.44 y 51.23 Mg C/ha, respectivamente, sin presentar diferencias entre los sistemas. Se concluye que los SSP pueden almacenar más carbono que los sistemas tradicionales, por lo cual son una alternativa de mitigación para la región del Piedemonte Amazónico colombiano.

Palabras clave: *Biomasa aérea, cambio climático, mitigación, suelo.*

Abstract

Conventional cattle systems are important emitters of greenhouse gases (GHG), but under proper management and with the use of production alternatives such as silvopastoral systems (SPS), this productive activity can be a mitigation tool capable of transforming cattle ranching. The carbon content of silvopastoral and traditional silvopastoral systems was

determined, with the objective of measuring the effect of the SPS on the carbon stock of conventional livestock systems in the Amazon´s piedmont of Colombia. Forty temporary plots of 50 m x 50 m were established and the carbon content of trees, shrubs, grasses, litter, debris, dead wood, roots and soil was determined. It was found that SPS have a carbon stock in aboveground biomass 4.6 times higher than traditional systems (TS). Total carbon contents in aboveground biomass were 8.83 and 1.88 Mg C/ha SPS and TS, respectively ($p<0.05$). Soil carbon contents were 52.44 and 51.23 Mg C/ha, respectively, without differences between systems. It is concluded that SPS can store more carbon than traditional systems, making them a mitigation alternative for the Colombian Amazon piedmont.

Keywords: *aerial biomass, climate change, mitigation, livestock systems, soil.*

Introducción

La importancia socioeconómica de la ganadería en Colombia se refleja en el uso de una fracción significativa del suelo, alcanzando un 83% aproximadamente del uso agropecuario total del país. Los sistemas bovinos en Colombia ocupan 34.4 millones de hectáreas, área en la cual se alberga un inventario bovino de 28.24 millones de animales (ICA, 2020). En el departamento del Caquetá la ganadería es una actividad económica de gran importancia que genera un mayor desarrollo socio económico frente a otras actividades productivas legales (Fajardo *et al*., 2014).

Por historia y tradición, la ganadería bovina es la principal fuente de ingresos para el sostenimiento de muchas personas, además es la base económica que mueve el departamento (Marín *et al*., 2017). Sin embargo, en el piedemonte amazónico Caqueteño, esta actividad económica se basa en sistemas extensivos de libre pastoreo, donde hay un marcado desbalance nutricional, degradación de los suelos y bajos parámetros productivos (Hurtado y Suarez, 2013). Caquetá cuenta aproximadamente con 2.4 millones de hectáreas en ganadería (Enciso *et al*., 2018) y un inventario bovino de 2.160.420 (CGDC, 2020).

La tierra constituye la base principal para el sustento y el bienestar humano, incluidos el suministro de alimentos, agua dulce y muchos otros servicios ecosistémicos. La tierra es tanto una fuente como un sumidero de gases de efecto invernadero (GEI) (IPCC, 2019). Dentro de los sectores productivos se encuentra el sector de la agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU); un cuarto de las emisiones antropogénicas proviene de este sector, principalmente de la deforestación (quema del bosque para el

establecimiento de pasturas), la ganadería (fermentación entérica y gestión del estiércol) y el uso de fertilizantes (fertilización de pasturas), generando CO_2, CH_4 y N_2O (Sánz *et al*., 2020).

Los sistemas silvopastoriles (SSP) son una alternativa capaz de frenar los motores de la deforestación, ya que estos sistemas permiten desarrollar una ganadería sostenible en las zonas ya intervenidas, lejos de los frentes de deforestación, al incrementar la producción y reestablecer diferentes ecosistemas (Sotelo *et al*., 2017). Los SSP pueden ser un factor determinante en la rehabilitación de suelos y pasturas degradadas, mitigación de las emisiones de GEI, recuperación de los bosques y conservación de la biodiversidad (Sotelo *et al*., 2017).

Los sistemas agroforestales son un importante sumidero de carbono, debido a su capacidad para retenerlo por un tiempo prolongado acorde al turno forestal de cada especie (Andrade y Ibrahim, 2003). El potencial de almacenamiento de carbono de los diferentes compartimentos de los SSP, son cada vez más valorados en el contexto actual de cambio climático. Las estimaciones de las reservas de carbono en el suelo, pastos y árboles de varios SSP son importantes para diseñar una agricultura inteligente desde el punto de vista climático (Jose y Dollinger, 2019).
El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de los silvopastoriles en el almacenamiento de carbono en los sistemas convencionales localizados piedemonte Amazónico en el departamento del Caquetá (Colombia).

Materiales y métodos

Localización y usos de suelo evaluados

El estudio se realizó en los municipios de Albania, Belén de Los Andaquíes, La Montañita, El Doncello y Puerto Rico, en el departamento del Caquetá (Colombia). Las parcelas de muestreo se establecieron en las coordenadas geográficas generales N 1°40'29.58" y W 75°16'4.63", con una altitud promedio de 281 msnm, una precipitación monomodal media anual de 3840 mm, una temperatura media de 25°C y humedad relativa del 85%. Los sistemas se encontraron localizados en la zona de vida bosque húmedo tropical (Holdridge), con suelos de orden Ultisoles y con altos contenidos de arcilla en paisajes de lomerío (Ramírez *et al*. 2013).

Los arreglos silvopastoriles evaluados fueron: Franjas Agrosilvopastoriles (FrA), Árboles Dispersos en Potrero (ADP) y Sistemas Silvopastoriles intensivos (SSPi), y los sistemas convencionales fueron: Pasturas Degradadas

(PD) y Pasturas Mejoradas (PM), a una densidad de árboles (57, 115.5 y 60 árboles/ha) y arbustos para los SSPi de (21,331 arbustos/ha). Las FrA se caracterizaron por presentar una franja de árboles, a una densidad de 60 árboles compuesta por las especies: *Mimosa trianae, Gmelina arbórea, Inga Edulis, Erythrina poeppigiana, Escallonia paniculata* y *Cariniana pyriformis*; los ADP fueron zonas de pastoreo con la presencia de árboles naturales o plantados de las especies: *Escallonia paniculata, Psidium guajaba, Miconia elata, Piptocoma discolor, Bellucia pentamera, Vismia baccifera* y *Gmelina arbórea,* y los SSPi estuvieron compuestos las especies arbóreas de *Mimosa trianae, Gmelina arbórea, Psidium guajaba y Cordia alliodora,* asociadas a la arbustiva *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. Los SSP contaron con pasturas mejoradas *Urochloa decumbens, Urochloa humidicola* y *Urochloa brizantha,* y las leguminosas rastreras *Arachis pintoi* y *Pueraria phaseoloides.* Los sistemas de PM se componían de *Urochloa decumbens, Urochloa humidicola* y *Urochloa brizantha* y las PD principalmente de *Homolepsis aturensis.* La edad promedio de los SSP fue de 4 años.

En cada uno de los sistemas se establecieron parcelas temporales anidadas de 2500 m^2 (50 m x 50 m), medidas entre diciembre de 2020 y febrero de 2021; 8 para FrA y ADP, 4 para SSPi, 9 para PD y 11 para PM, donde se midió la biomasa de los individuos vivos y muertos en pie con diámetro mayor o igual a 10 cm, y en una sub-parcela de 400 m^2 (20 m x 20 m) se evaluó la biomasa de los individuos con diámetro entre 2 y 10 cm. La necromasa sobre el suelo se evaluó midiendo el volumen y la densidad de todas las ramas y troncos caídos sobre cuatro transeptos de 1 m x 50 m ubicados dentro de la parcela; la hojarasca se midió sobre cuatro cuadrantes de 1 m x 1 m distribuidos dentro de la parcela, y el almacenamiento de carbono en suelos se determinó colectando muestras a tres profundidades en cuatro cuadrantes (Figura 1), siguiendo la metodología de parcelas cuadradas anidadas propuestas por Yepes *et al*. (2011).

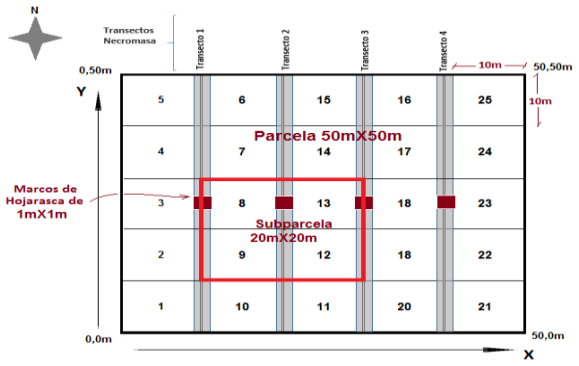


Figura 1. Diseño de parcela anidad para el monitoreo de la biomasa aérea (árboles, arbustos, hojarasca y detritos), raíces y suelo.
Fuente: Argote *et al*. (2017)

Compartimentos evaluados

Árboles y arbustos vivos:

Se determinó la biomasa aérea de los árboles y arbustos de manera indirecta, utilizando ecuaciones alométricas. Para *T. diversifolia* se calculó la biomasa a través de un muestreo destructivo por rango diamétrico y altura para hallar la biomasa en cada una de las parcelas donde se encontraba la especie. En los árboles y arbustos con crecimiento secundario se aplicaron las ecuaciones presentadas en la Tabla 1.

Tabla 1. Ecuaciones alométricas aplicadas a los árboles y arbustos.

Vegetación	Ecuaciones alométricas	Variables	Rango de DAP	Lugar de estudio	Referencia
Árboles en bosque húmedo tropical	BA=exp(-1.7689 + 2.377 x Ln(DAP))	DAP (1.3 m)	DAP 2-5 cm	Manaos, Brasil	Nascimento y Laurance (2002)
Árboles en bosque húmedo tropical	BA=0,0673 x (ρ x DAP2 x H)0,976	DAP (1.3 m); Altura total y Densidad	DAP ≥ 5 cm	África tropical incluido Madagascar, Latinoamérica, Sudeste de Asia y Australia.	Chave *et al*. (2014)
Teca	BA (kg) = 0,153*DAP2.382	DAP (1.3 m)	DAP 10-59 cm		IPCC (2003)
Melina	BA= exp(-2.07+2.30*ln (DAP))	DAP (1.3 m)	DAP 7.7-54 cm	Nigeria	Onyekwelu (2003)
Guayaba	BA=(0.246689*(DBH)^2.24992)	DAP (1.3 m)	DAP5.3 – 31.3cm	México	Rodríguez *et al*. (2008)

BA=biomasa aérea, DAP=diámetro a la altura del pecho, LN=logaritmo natural, H=altura, ρ=densidad.

Madera muerta en pie:

A los árboles muertos en pie se les midió el DAP a 1.3 m, la altura y la densidad; para calcular el volumen se aplicó la ecuación de Smalian (Baker y Chao, 2011). La biomasa se calculó al multiplicar el volumen por la densidad y finalmente la materia seca por la concentración de carbono.

$$V_{am} = \left[\frac{\pi\left(\frac{d_{1en\ pié}}{2}\right)^2 + \pi\left(\frac{d_{2\ en\ pié}}{2}\right)^2}{2}\right] * H;$$

Vam = volumen de árboles muertos, H=altura

Árboles y ramas caídas sobre el suelo:

Los detritos de árboles y ramas se determinaron en cuatro transeptos de 1 m x 50 m siguiendo la metodología descrita por Baker *et al*. (2007) y Chao *et al*. (2008). Para calcular el volumen se aplicó la ecuación de Smalian (Baker y Chao, 2011). La biomasa se obtuvo multiplicando el volumen por la densidad y finalmente la materia seca por la concentración de carbono.

Pasturas y hojarasca:

La biomasa de las pasturas y hojarasca se halló por medio de un muestreo destructivo. En cada parcela se cortaron cuatro marcos de 1 m x 1 m en la mitad de los transeptos como se observa en la Figura 2, entre los cuadrantes 3-8, 8-13, 13-18, 18-23. El forraje verde encontrado dentro de cada cuadrante fue cortado, pesado y enviado al laboratorio para determinar la materia seca del forraje. Para la hojarasca se recolectaron las hojas, semillas y ramas inferiores a 2 cm e igualmente fueron enviadas al laboratorio para determinar su materia seca.

$$CH = \frac{(\text{Phs} - \text{Pss})}{\text{Phs}}$$

Donde CH es el contenido de humedad de cada sub-muestra, Phs: peso húmedo sub-muestra (en g), Pss: peso seco sub-muestra (g).

$$\text{Carbono (g)} = \text{Biomasa aérea} * 0.47$$

Donde 0.47 es un factor de conversión recomendado por el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC, 2006), usado cuando no se conocen las fracciones de carbono específicas para la especie en estudio.

Biomasa subterránea:

La cuantificación de las raíces principales se determinó por medio de la ecuación propuesta por Cairns *et al*. (1997).

$$\text{BR} = \exp(-1.0587 + 0.8836 * \ln \text{BA})$$

Suelo:

En el suelo se determinó la densidad aparente y carbono a las profundidades de 0-10, 10-20 y 20-30 cm en tres puntos satélites ubicados a 10 m del punto central en las direcciones 0°, 120° y 240° de los cuadrantes 9, 13, 14 y 18 (Figura 2). La densidad aparente se midió utilizando la técnica del cilindro y el carbono combustión seca en al laboratorio de Servicios Analíticos del CIAT.

Análisis de la información

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), donde los datos se sometieron a un análisis de varianza y comparaciones de medias por la prueba de Tukey mediante la herramienta (R project 4.1.0, 2021).

$$Yij = \mu + Ti + Eij$$

Donde, Yij son las observaciones de la j-ésima medición del carbono; μ: Media de las muestras; Ti: Efecto del i-ésimo tratamiento según el sistema de producción y Eij: Error experimental.

Resultados

Los contenidos de carbono en la biomasa aérea total, se presentan en la Tabla 2. La inclusión de árboles y arbustos dentro de los sistemas ganaderos aumentó en 4.6 veces el almacenamiento de carbono en la biomasa aérea con respecto al ST sin presencia de árboles.

Tabla 2. Contenido de carbono (Mg C/ha) en la biomasa aérea total y en el suelo (0-30 cm) en sistemas ganaderos del piedemonte Amazónico.

Componentes	SSP	ST	p-value
Biomasa aérea Total	8.69 (±3.09) a	1.88 (±1.36) b	< 5.57e-11
Suelo	52.44 (±5.97) a	51.23 (±4.91) a	0.3

SSP: Sistema silvopastoril; ST: Sistemas tradicionales. Letras diferentes en una misma fila denotan diferencia significativa de acuerdo con la prueba de Tukey (p<0.05).

Discusión

Contenidos de carbono en la biomasa aérea

Los SSP se han difundido ampliamente en los ecosistemas ganaderos introduciendo especies arbóreas y arbustivas dentro de las zonas de pastoreo; acompañados de una adecuada gestión de las pasturas, lo que genera una mayor producción de forraje y captura de carbono a diferentes niveles (pastos, arbustos, árboles). En otras regiones diferentes al piedemonte Amazónico, el monitoreo de carbono demuestra cómo el modelo SSP tiene la capacidad de almacenar cantidades de carbono importantes. Algunos autores como Ávila (2000), Rojas *et al*. (2009), Arias *et al*. (2009), Arcos *et al.* (2016), reportaron contenidos de carbono de 7.48, 8.90, 8.73 y 8.75 Mg C/ha respectivamente, similares a los encontrados en el presente trabajo. De otro lado López *et al*. (2019), encontraron contenidos más altos de carbono (19.64 Mg C/ha), debido a una alta densidad de *L. leucocephala* (36.000 arbustos/hectárea).

Otros estudios como los de Ruíz (2002), Torres *et al*. (2011) y Rojas *et al*. (2019), reportan 0.37, 2.86 y 2.59 Mg de C/ha, respectivamente, estos valores son inferiores a los encontrados en este estudio debido posiblemente al uso de especies de lento crecimiento y bajas densidades de siembra. Por otra parte, Ibrahim *et al*. (2007), encontraron entre 1.63 y 11.9 Mg de C/ ha en diferentes SSP, con una amplia variación en el almacenamiento, por las características de crecimiento de las especies evaluadas, las condiciones medioambientales y las densidades de siembra.

Los ST contienen una diversidad de pasturas con una alta variabilidad en la producción, la mayor parte del carbono aéreo de estos sistemas está contenido en las gramíneas. Algunos autores como Cárdenas *et al*. (2012), Torres *et al*. (2011), Ávila (2000), Ruiz (2002), reportan contenidos de carbono 1.37, 1.4, 1.65, 1.78 Mg de C/ha; estos autores encontraron datos similares a los reportados en este estudio, posiblemente porque presentan características similares a este estudio. De otro lado autores como Ibrahim *et al*. (2007) Rojas *et al.* (2009), Cárdenas *et al*. (2012) y Jiménez *et al*. (2019) reportaron contenidos de carbono de 4.83, 4, 4.5 y 3.3 Mg C/ha, respectivamente, superiores a los reportados en este trabajo, posiblemente por tener un seguimiento más prolongado en las diferentes épocas del año y una adecuada gestión de los pastoreos acordes a las características de las especies evaluadas.

Contenidos de carbono en el suelo

El carbono almacenado en el suelo en los arreglos SSP y sistemas tradicionales no presentaron diferencias a las profundidades evaluadas. Los sistemas evaluados han estado bajo pasturas desde que fueron talados los bosques y la ausencia de diferencias puede deberse al tiempo de establecimiento de los SSP. Autores como Fujisaki *et al*. (2015), encontraron como en suelos de la amazonia los sistemas de pasturas aumentan los niveles de carbono en suelo en 1 Mg de C/ha/año; se podría suponer que los contenidos de carbono podrían ser más constante en SSP a mayor profundidad que en los monocultivos de gramíneas debido al manejo adecuado en el pastoreo que evita zonas degradadas. De otro lado Olaya *et al*. (2020), al evaluar un sistema de bosque, un sistema de ST y un SSP no encontraron diferencias significativas entre estos dos últimos (42.6, 49.69 y 53.09 Mg de C/ha, respectivamente).

Los SSP donde se combinan pasturas, árboles y arbustos es posible que requieran de periodos más amplios de tiempo para demostrar diferencias comparativas frente a otros sistemas como ST (Fujisaki *et al*., 2015). Algunos estudios que han medido el contenido de carbono en distintos usos del suelo, de igual forma no han reportado diferencias entre tratamientos, como lo

reporta Ibrahim *et al*. (2007), quienes encontraron 52.34, 68.51, 81.32 y 63.25 Mg C/ha para los sistemas bosque ripario, PD, PM y SSPi, respectivamente. Los datos, aunque no presentaron diferencias entre los tratamientos, son superiores a los encontrados en el presente estudio, debido a que las muestras fueron colectadas a 1m de profundidad y difieren en las características de los suelos.

Conclusiones

Los SSP almacenan más carbono que los sistemas ganaderos convencionales en la biomasa aérea.
El carbono en suelo no presentó diferencias entre ST y SSP, la tasa de acumulación de carbono en suelo no es muy clara, por lo que se recomienda llevar a cabo medicines antes y después de implementados los sistemas, con un monitoreo en el tiempo cada 5 años durante 20 años.

Agradecimientos

Esta investigación fue financiada por el proyecto 18_III_106_COL_A_Estrategias productivas sostenibles. Este proyecto es parte de la Iniciativa Internacional para el Clima (IKI). El Ministerio Federal del Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear de Alemania (BMU) apoya esta iniciativa basada en una decisión del Bundestag Alemán. Los autores agradecen a MINCIENCIAS y al Fondo Autónomo para la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, Francisco José de Caldas por su apoyo a CIPAV (Contrato 80740-006-2020).

Bibliografía

Arias, L. M., Camargo, J. C., Dossman, M. Á., Echeverry, M. A., Rodríguez, J. A., Molina, C. H., y Melo, I. D., (2009). Estimación de biomasa aérea y desarrollo de modelos alométricos para Leucaena leucocephala en sistemas silvopastoriles de alta densidad en el valle del Cauca, Colombia.

Ávila, G., (2000). Fijación y almacenamiento de carbono en sistemas de café bajo sombra, café a pleno sol, sistemas silvopastoriles y pasturas a pleno sol (Doctoral dissertation, CATIE, Turriaba (Costa Rica).

Baker T.R., & Chao K.J., 2011. Manual para mediciones de detritus de madera gruesa en parcelas RAINFOR. Versión 2. Gordon and Betty Moore foundation. Red Amazónica de inventarios forestales RAINFOR. Natural Environment Research Council. 10pp.

Cárdenas, E., Bustamante, Á. M., Espitia Barrera, J. E. y Páez, M. A., Productividad en materia seca y captura de carbono en un sistema silvopastoril y un sistema tradicional en cinco fincas ganaderas de piedemonte en el departamento de Casanare. Rev Med Vet. 2012;(24): 51-57. doi: https://doi.org/10.19052/mv.1339

Chao, K.J., Phillips, O., Baker T., 2008. Wood density and stocks of coarse woody debris in a northwestern Amazonian landscape. Canadian Journal of Forest Research 38: 795-805.

Enciso, K., Bravo, A., Charry, A., Rosas, G., Jäger, M., Hurtado, JJ., Romero, M., Sierra, L., Quintero, M., Burkart, S., 2018. Estrategia sectorial de la cadena de ganadería doble propósito en Caquetá, con enfoque agroambiental y cero deforestación. Publicación CIAT No. 454. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 125 p. Disponible en: http://hdl.handle.net/10568/91981

Fajardo, M. Y., Vargas, G. F., & Marín, L. A., (2014). Costos ambientales y evaluación social en conversión de los Sistemas de producción ganadera tradicional al sistema silvopastoril en fincas ganaderas de los municipios de Florencia, Morelia y Belén de los Andaquíes del departamento del Caquetá. Momentos de ciencia, 11(1).

Hurtado, E. A., & Suárez, Á. G., (2013). Potencial de uso de Piptocoma discolor (Kunth) Pruski en sistemas silvopastoriles. Ingenierías & Amazonia, 6(1).

Ibrahim, M., Chacón, M., Cuartas, C., Naranjo, J., Ponce, G., Vega, P., ... & Rojas, J., (2007). Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. Agroforestería en las Américas, 45(1), 27-36.

ICA (Instituto Colombiano Agropecuario). 2020. Censo Pecuario Nacional – 2020 [Base de datos]. Recuperado de https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2018

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)., 2006. Guidelines for national greenhouse gas inventories. Eggleston, H.S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T. and Tanabe, K. (eds) Institute for Global Environmental Strategies, Hayama, Japan.

IPCC, 2019: Resumen para responsables de políticas. En: El cambio climático y la tierra: Informe especial del IPCC sobre el cambio climático, la desertificación, la degradación de las tierras, la gestión sostenible de las tierras, la seguridad alimentaria y los flujos de gases de efecto invernadero en los ecosistemas terrestres [P. R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley (eds.)]. En prensa.

Jiménez, E. R., Fonseca, W. y Pazmiño, L., (2019). Sistemas silvopastoriles y cambio climático: Estimación y predicción de biomasa arbórea. La Granja: Revista de Ciencias de la Vida. Vol. 29(1):45-55. http://doi.org/10.17163/lgr. n29.2019.04.

Jose, S., Dollinger, J., Silvopasture., 2019. a sustainable livestock production system. Agroforest Syst 93, 1–9 (2019). https://doi.org/10.1007/s10457-019-00366-8

López, J.G., Casanova, F., Villanueva, G., 2019. Carbon storage in a silvopastoral system compared to that in a deciduous dry forest in Michoacán, Mexico. Agroforest Syst 93, 199–211 (2019). https://doi.org/10.1007/s10457-018-0259-x

Marín, M. A. M., Pescador, L. R., Ramos, L. R., & Charry, J. L. A., (2017). Impacto de la actividad ganadera sobre el suelo en Colombia. Ingeniería y Región, 17, 1-12.

Olaya, A., Llanos, M. P., Cherubin, M. R., Herrera, W., Ortiz, F. A., & Silva, A. M., (2020). Restoring soil carbon and chemical properties through silvopastoral adoption in the Colombian Amazon region. Land Degradation & Development.

Onyekwelu, J. C., (2004). Above-ground biomass production and biomass equations for even-aged Gmelina arborea (ROXB) plantations in south-western Nigeria. Biomass and Bioenergy, 26(1), 39-46.

Rodríguez, R., (2008). Carbono contenido en un bosque tropical subcaducifolio en la reserva de la biosfera El Cielo, Tamaulipas, México. Revista Latinoamericana de Recursos Naturales, 4(2), 215-222.

Rojas, J., Ibrahim, M., & Andrade, H. J. (2009). Secuestro de carbono y uso de agua en sistemas silvopastoriles con especies maderables nativas en el trópico seco de Costa Rica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 10(2), 214-223.

Rojas, E. P., Silva, E. D., Guillén, A. Y., Motta, P. A., Herrera, W., (2019). Carbono almacenado en estrato arbóreo de sistemas ganaderos y naturales del municipio de Albania, Caquetá, Colombia. Ciencia y Agricultura, 16(3), 35-46. https://doi.org/10.19053/01228420.v16.n2.2019.9118.

Ruíz, A., (2002). Fijación y almacenamiento de carbono en sistemas silvopastoriles y competitividad económica en Matiguás, NicaraguaFixation and storage of carbon in silvopastoriles systems and economic competitiveness in Matiguás, Nicaragua (No. Thesis R934f). CATIE, Turrialba (Costa Rica).

Sánz, M. J., & Uriarte, I. R., (2020). CAMBIO CLIMÁTICO, AGRICULTURA Y USO DE LA TIERRA. Papeles de Economía Española, (163), 84-204.

Sotelo, M., Suárez, J. C., Álvarez, F., Castro, A., Calderón, V. H., Arango, J., 2017. Sistemas sostenibles de producción ganadera en el contexto amazónico - Sistemas silvopastoriles: ¿una opción viable? Publicación CIAT No. 448. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 24 p. Disponible en: http://hdl.handle.net/10568/89088

Torres, J. A., Espinoza, W., Reddiar, L., & Vázquez, A., (2011). Secuestro de carbono en potreros arbolados, potreros sin árboles y bosque caducifolio de Huatusco, Veracruz. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 13(3), 543-549.

Torres, J. A., Espinoza, W., Reddiar, L., & Vázquez, A., (2011). Secuestro de carbono en potreros arbolados, potreros sin árboles y bosque caducifolio de Huatusco, Veracruz. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 13(3), 543-549

Estudio de caso: reconversión de la ganadería extensiva mediante la implementación de sistemas silvopastoriles como una estrategia de adaptación al cambio climático en el parque nacional cañón del sumidero, Chiapas

Flores-González A.M.; López Gómez M., Zamora A., Apan W.G., y Rivera A.

Ecología, Sustentabilidad e Innovación A.C. Remesal No. 8 Barrio de Guadalupe, San Cristóbal de las Casas, Chiapas CP 29230. amflores.esi@gmail.com

Resumen

El Parque Nacional Cañón del Sumidero (PNCS) se afronta a los efectos meteorológicos causados por el cambio climático, tales como el incremento de la temperatura y pérdidas en la precipitación pluvial, poniendo en riesgo los medios de vida de los habitantes de la región entre ellos la ganadería bovina que se caracteriza por su falta de infraestructura y por el uso de grandes extensiones de tierra. Es por esta razón que la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas en colaboración con el PNUD y el GEF, implementaron el proyecto *Fortalecimiento de la efectividad del manejo y la resiliencia de las áreas naturales protegidas para proteger la biodiversidad amenazada por el cambio climático* en el ejido Triunfo Agrarista, uno de los ejidos más importantes dentro del PNCS. Se dio inicio a la reconversión tecnológica de la ganadería extensiva hacia una ganadería sostenible mediante la formación de un grupo de ganadería silvopastoril que se capacitó en el uso de técnicas silvopastoriles e implementó, junto con el resto de los ejidatarios, 10.5 hectáreas de módulos silvopastoriles además de mejorar la infraestructura relacionada a la disponibilidad de agua de bebida para el ganado; técnicas que les ayudan a afrontar de mejor manera y adaptar la ganadería bovina a los efectos del cambio climático.

Palabras clave: *sistemas silvopastoriles, ganadería bovina, áreas naturales protegidas, sequía, adaptación al cambio climático.*

Abstract

The Sumidero Canyon National Park (PNCS) faces the meteorological effects caused by climate change, such as the increase in temperature and losses in rainfall, putting at risk the livelihoods of the habitants of the region, including bovine livestock that is characterized by its lack of infrastructure and by the use of large areas of land. Its because of this reason that the Natural Protected Areas Comission (CONANP) in vinculation with PNUD and GEF,

implemented the Strengthening the effectiveness of management and the resilience of protected natural areas to protect biodiversity threatened by climate change project in one of the most important zones of the PNCS, the ejido Triunfo Agrarista. The technological reconversion of extensive livestock farming towards sustainable livestock production began through the formation of a silvopastoral livestock group that was trained in the use of silvopastoral techniques and implemented, together with the rest of the ejidatarios, 10.5 hectares of silvopastoral modules in addition to improve the infrastructure related to the availability of drinking water for livestock; techniques that help them better cope with and adapt cattle farming to the effects of climate change.

Key words: *silvopastoral systems, livestock production, natural protected areas, drought, climate change adaptation.*

Introducción

Durante las últimas décadas, el cambio climático (CC) ha sido una amenaza creciente para las áreas naturales protegidas (ANPs) de México y del mundo y, tanto los ecosistemas como la población rural se ven igualmente afectados. Los cambios meteorológicos extremos causados por el CC (ej. aumento de la temperatura, sequías prolongadas, disminución de la precipitación, heladas, ciclones y lluvias torrenciales) ponen en riesgo los servicios ambientales otorgados por los bosques y las actividades agropecuarias, una de las actividades socioeconómicas más importantes para las poblaciones que habitan en zonas colindantes a las ANPs.

Chiapas es uno de los cuatro estados de la República Mexicana que cuenta con la mayor cantidad de ANPs (48) dentro de las que resalta el Parque Nacional Cañón del Sumidero (PNCS) por su belleza paisajística sino porque forma parte de la cuenca Río Grijalva-Usumacinta, una de las cuencas hidrológicas más importantes a nivel nacional. Sin embargo, presenta, entre otras cosas, problemas en la producción de agua debido principalmente a la pérdida por evapotranspiración (44%) y a la disminución de la recarga de acuíferos (34.43%) (CONAGUA, 2009).

Aunado a este problema, se suman los efectos del cambio climático que afectan al PNCS. De acuerdo con las estimaciones presentadas en el Plan de Acción ante el Cambio Climático del complejo Selva El Ocote-PNCS, se espera que la temperatura aumente hasta 1.6 grados centígrados y haya pérdidas en la precipitación anual de hasta 100 milímetros, perjudicando a más de 221

mil hectáreas, lo que afectará la dinámica natural de los ecosistemas de las selvas secas y húmedas y, el recurso hídrico (CONANP, 2021).

Ante este escenario, es importante promover y desarrollar estrategias que permitan a las sociedades rurales adaptar sus actividades agropecuarias a los cambios meteorológicos extremos que se prevé acontezcan, además de contribuir a la resiliencia de los agroecosistemas donde estas actividades se desarrollan. El GEF (Global Environmental Facility) junto con el PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) y la CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas) implementaron y ejecutaron el proyecto *Fortalecimiento de la efectividad del manejo y la resiliencia de las áreas naturales protegidas para proteger la biodiversidad amenazada por el cambio climático*, mejor conocido como *Resiliencia* cuyo objetivo fue reducir los impactos adversos directos e indirectos del cambio climático sobre la biodiversidad de importancia global y las comunidades humanas a partir del fortalecimiento de la efectividad de manejo y configuración espacial de las ANPs en México (CONANP, 2021).

Para reducir los impactos del CC, el proyecto Resiliencia impulsó soluciones basadas en la naturaleza (SbN), que son acciones que se apoyan en los ecosistemas y en los servicios que estos proveen para responder a diversos desafíos de la sociedad como el cambio climático, la seguridad alimentaria o el riesgo de desastres (IUCN, 2017). Una de estas acciones es la ganadería silvopastoril, que se basa en la incorporación de arboles/arbustos dentro de los porteros, haciendo más eficiente el sistema de producción a la par de que contribuye a la conservación de la biodiversidad, de los servicios ecosistémicos e incrementa la resiliencia ante los efectos del CC.

El presente documento tiene el objetivo de evidenciar la experiencia que resultó de la implementación del proyecto Resiliencia en el ejido Triunfo Agrarista, ubicado dentro del PNCS, en donde la ganadería que se realiza es de tipo extensivo, sin planes de aprovechamiento de áreas de pastoreo ni de manejo nutricional, a nivel individual y en las áreas comunes del ejido y en donde se estima que hay 300 cabezas de ganado en una superficie aproximada de 600 hectáreas (CONANP, 2019).

Materiales y métodos

a) Ubicación geográfica

El ejido Triunfo Agrarista se ubica dentro del polígono del Parque Nacional Cañón del Sumidero cuyas coordenadas geográficas corresponden a 16° 51' 18.99" latitud Norte y 93° 04' 12.95" longitud Oeste. Este ejido se caracteriza por su alta marginación social y vulnerabilidad a la sequía afectando el acceso al agua para consumo humano y actividades productivas como la ganadería bovina. Además, es considerada un área estratégica para contribuir a la conservación de los recursos naturales del PNCS, en particular del geo sitio "Árbol de Navidad", atractivo turístico que se ha visto degradado por la sequía y los cambios de uso de suelo a causa de las actividades agropecuarias, principalmente de la ganadería extensiva.

b) Selección de participantes

La participación de los campesinos fue voluntaria, libre e informada; además de que se contempló la participación de hombres, mujeres y jóvenes, así como de toda la población sin importar la tenencia de la tierra. A través de la Asamblea Ejidal se presentaron los objetivos del proyecto, así como las actividades y compromisos y obligaciones que adquirirían los participantes. Como parte de la selección de participantes se hizo hincapié en el "no otorgamiento de incentivos económicos (pago de jornales)" por realizar las actividades con el objetivo de contar con personas interesadas en el aprender e implementar técnicas ganaderas enfocadas en el desarrollo de una ganadería sustentable.

c) Escuelas de campo

Una vez formado el grupo de ganadería, se utilizó la metodología escuelas de campo que es un modelo de formación de Tablas técnicos locales a los que se denomina, 'educadores campesinos' o 'promotores', quienes, a su vez, en sus localidades, forman a sus compañeros productores; este modelo incluye un componente de formación y otro de experimentación campesina, ambos complementarios e incluyentes (Jarquín s/a).

Como parte del componente de formación se realizaron intercambios de experiencias con ganaderos que han llevado un proceso de ganadería silvopastoril y buenas prácticas ganaderas y talleres de capacitación (teórico/prácticos) enfocados en la implementación de sistemas

silvopastoriles y buenas prácticas ganaderas. Cabe resaltar que para la implementación de estas dos últimas actividades se otorgaron los insumos necesarios tales como las semillas forrajeras, micorrizas, cercos eléctricos y los insumos necesarios para su establecimiento, paneles solares para la red de distribución de agua, así como los aditamentos necesarios para su instalación, bebederos, picadora de forraje (de uso colectivo),

d) Establecimiento de módulos silvopastoriles piloto y sistemas de distribución de agua para consumo animal

Los módulos silvopastoriles (SSP) se caracterizaron por la instalación de bancos forrajeros, mejoramiento del uso de suelo ganadero mediante la división y rotación de potreros y, mejoramiento de la infraestructura para el agua de bebida de consumo animal. Se establecieron módulos de una hectárea cuyos requisitos fueron: 1. que la parcela donde se fuera a establecer estuviera lo mas cerca del ejido, sin especificar distancia alguna; 2. que fuera un potrero ya establecido (no se aceptaban parcelas deforestadas para la incorporación al proyecto) y 3. que se liberara mínimo media hectárea de potrero no apta para ganadería (áreas con pendientes pronunciadas y alejadas del ejido) y se llevaran a cabo acciones de reforestación y de mejoramiento de suelo en estas áreas.

Se otorgaron los insumos necesarios para el establecimiento de los módulos silvopastoriles tales como el recurso vegetal (semilla y planta) cercos eléctricos y bombas de agua de energía solar. Además, se otorgaron herramientas necesarias para el buen uso de los bancos forrajeros tales como: picadora de forraje, tambos para ensilados, palas y carretas.

Resultados y discusión

A) Escuelas de campo para la capacitación en ganadería silvopastoril.

De una población inicial de 36 campesinos ganaderos interesados en participar en el proyecto, quedó un grupo de ocho campesinos ganaderos quienes se autodenominan “Grupo de ganadería silvopastoril del ejido Triunfo Agrarista” (Imagen 1). Las principales razones por las cuales desertaron de su participación fueron: la falta de pago de jornal por realizar las actividades (ej. asistencia a las capacitaciones e instalación de módulos silvopastoriles) y el considerar la asistencia a capacitaciones e intercambios de experiencias como una pérdida de tiempo.



Imagen 1. Grupo de ganadería silvopastoril del ejido Triunfo Agrarista.

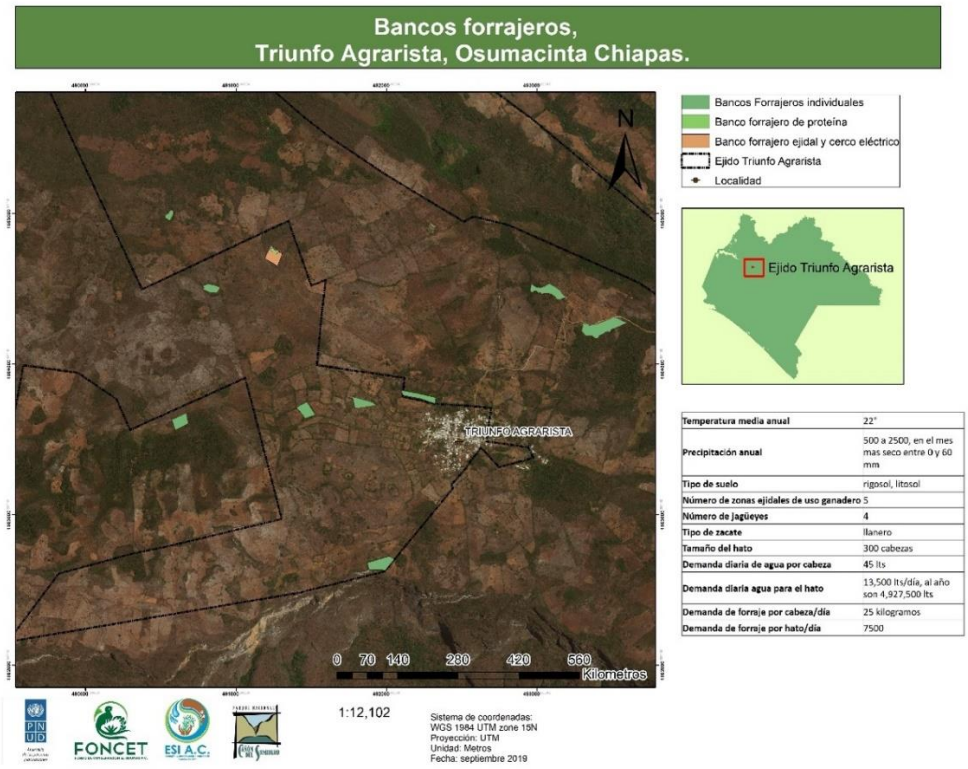
A pesar de esta situación, las actividades de aprendizaje estuvieron dirigidas al publico en general y estuvieron conformadas por talleres de capacitación e intercambios de experiencias. Los talleres de capacitación se llevaron a cabo en el ejido Triunfo Agrarista bajo la metodología escuelas de campo y estuvieron enfocados a las siguientes temáticas: 1) ordenamiento territorial y parcelario, 2) ganadería y cambio climático, 3) sistemas silvopastoriles (con énfasis en los bancos forrajeros); 4) técnicas de almacenamiento y aprovechamiento de forraje, 5) elaboración de calendarios de aprovechamiento de forraje y salud animal y 6) fortalecimiento de la organización social. Los productos obtenidos por cada taller de capacitación se muestran en el Tabla 1.

Tabla 1. Talleres de capacitación otorgados y productos obtenidos.

Taller de capacitación	Temática abordada	Productos obtenidos
1. Ordenamiento territorial y parcelario	Importancia del ordenamiento de los espacios ganaderos para un mejor aprovechamiento y para la liberación de áreas aptas para reforestación	Nueve mapas con la ubicación del área destinada a los bancos forrajeros (Imagen 2) y de las áreas ganaderas liberadas para reforestación. SE reforestaron 32 ha con la siembra de 7650 plántulas de cedro y leucaena Mapa de las zonas de uso ganadero ejidal y del área ejidal destinada a la implementación de un módulo piloto silvopastoril (banco forrajero + sistema de distribución de agua).

2. Ganadería y cambio climático	Efectos de la ganadería sobre el cambio climático y efectos del cambio climático sobre la ganadería (sequía)	Se obtuvieron datos base sobre el estado actual del suelo mediante un análisis cromatográfico y se realizó un análisis bacteriológico del agua destinada a la bebida de los animales la cual arrojo como resultado positivo a bacterias *E. coli*, una de las bacterias que causan mermas importantes en la producción ganadera. Se implementaron tres sistemas de distribución de agua ejidales (cercado de los jagueyes + uso de paneles solares para bombeo del agua + bebederos) y ocho sistemas de distribución de agua individuales (sistema de distribución de agua por gravedad + bebederos movibles) (Imagen 3)
3. Sistemas silvopastoriles	Uso de sistemas silvopastoriles como una medida de adaptación a los efectos del cambio climático. Manejo del banco forrajero	Se implementaron nueve bancos forrajeros en 10.5 hectáreas, para esta actividad se eligió y utilizó el sorgo dulce o zacate Johnson en combinación con micorrizas. De este total de hectáreas, nueve fueron destinadas de manera individual y una hectárea a nivel ejidal. Para delimitar el banco forrajero se hizo uso del cerco eléctrico a base de energía solar (Imagen 4)
4. Técnicas de almacenamiento y aprovechamiento de forrajes	Elaboración de ensilados para conocer las características organolépticas ideales de los ensilados	Se realizaron ocho ensilados tipo bolsa
5. Elaboración de calendarios de aprovechamiento de forraje	Elaboración de calendarios para mejorar el manejo del banco forrajero y de la salud animal (medicina preventiva)	Se realizaron ocho calendarios de manejo silvopastoril y medicina preventiva
6. Fortalecimiento de las capacidades organizativas del grupo de ganadería silvopastoril	Se establecieron roles específicos entre los diferentes miembros del grupo de ganadería con el objetivo de dar formalidad al grupo	Consolidación del grupo de ganadería silvopastoril

INICIO
CRÉDITOS
COMITÉS
CONTENIDO
SECCIÓN I
SECCIÓN II
SECCIÓN III
SECCIÓN IV



Temperatura media anual	22°
Precipitación anual	500 a 2500, en el mes mas seco entre 0 y 60 mm
Tipo de suelo	rigosol, litosol
Número de zonas ejidales de uso ganadero	5
Número de jagüeyes	4
Tipo de zacate	llanero
Tamaño del hato	300 cabezas
Demanda diaria de agua por cabeza	45 lts
Demanda diaria agua para el hato	13,500 lts/día, al año son 4,927,500 lts
Demanda de forraje por cabeza/día	25 kilogramos
Demanda de forraje por hato/día	7500

Imagen 2. Mapa de la ubicación geográfica de los bancos forrajeros establecidos.



Imagen 3. Establecimiento de la red de distribución de agua para ganado de uso ejidal.



Imagen 4. Establecimiento del modulo silvopastoril ejidal.

SE eligió la metodología de escuelas de campo por ser una metodología participativa que involucra a los campesinos ganaderos en todas las etapas de la innovación tecnológica y se asume que, con la generación y difusión de estas nuevas técnicas, adoptarán las innovaciones de acuerdo a sus necesidades. Bajo este tipo de metodologías educativas, la gente gana grados de participación y como resultado tendrá o mejorará las relaciones entre los individuos, altos índices de organización, buena comunicación entre productores e instituciones y disponibilidad de actores en cambiar su actitud y métodos de trabajo (de la Cruz, 2011).

Los intercambios de experiencias (IE) se llevaron a cabo con actores sociales que hacen uso de técnicas silvopastoriles, buenas prácticas ganaderas y ganadería regenerativa (Tabla 2). Los IE son una modalidad de la capacitación que sirve de apoyo y complementación de la asistencia técnica brindada por un extensionista; ofreciendo excelentes oportunidades para aprender de las

experiencias de aquellos campesinos más experimentados ya que permite y fomenta la discusión sobre buenas prácticas agropecuarias y abre un abanico de propuestas que ayuda a los visitantes a diseñar su propio proceso de incorporación de nuevos conocimientos técnicos (MMAyA, 2018). Además, al ser una metodología de enseñanza "de campesino a campesino" se maneja un mismo lenguaje, lo que facilita la comunicación y el aprendizaje.

Tabla 2. Intercambios de experiencias realizados y temática abordada

Lugar visitado	Ubicación	Temática abordada
Ejidos Los Ángeles y Ricardo Flores Magón	Reserva de la Biosfera La Sepultura	Intensificación del uso de suelo ganadero mediante el uso de bancos forrajeros a base de leucaena, delimitación de áreas ganaderas mediante el uso de cercos vivos, rotación de potreros con cerco eléctrico y liberación de áreas ganaderas para reforestación
Ejido Las Toronjas	Reserva de la Biosfera El Triunfo	Uso y manejo de bancos forrajeros y beneficios de la división y rotación de potreros
Rancho el Yaqui	Municipio de Ocozocoautla	Ganadería regenerativa: intensificación del uso de suelo ganadero mediante la división y rotación de potreros, uso del cerco eléctrico, uso de bebederos móviles, mejoramiento genético mediante la selección de animales y gestión administrativa (calendarización de venta de ganado y establecimiento de metas del rancho)

Los IE se llevaron a cabo en los ejidos *Los Ángeles y Ricardo Flores Magón*, ubicados en la cuenca del Tablón en la Reserva de la Biosfera La Sepultura en donde los campesinos ganaderos han llevado un proceso de reconversión ganadera de sistemas extensivos hacia sistemas silvopastoriles y un proceso de organización social que los ha llevado a formar su propia empresa dedicada a la elaboración y venta de queso y leche; *el ejido Las Toronjas*, ubicado en la Reserva de la Biósfera El Triunfo, en donde se compartieron saberes respecto al uso de los bancos forrajeros y la división y rotación de potreros y; el Rancho el Yaqui, localizado en el municipio de Ocozocoautla, Chiapas en donde los campesinos ganaderos fueron capacitados en temas de ganadería regenerativa y de gestión administrativa del rancho (Imagen 5).



Imagen 5. Intercambios de experiencias entre campesinos ganaderos

B) Establecimiento de módulos piloto

Se lograron establecer nueve módulos SPP en 10.5 hectáreas; de éstas, 9.5 ha fueron establecidas de forma individual, por los miembros del grupo de ganadería silvopastoril mientras que 1 hectárea se estableció a nivel ejidal, en una zona de uso ganadero comunitario.

Los miembros del grupo de ganadería cumplieron en su totalidad con los requisitos que establecía el proyecto en relación a la instalación de los módulos silvopastoriles y liberaron un total de 12.5 hectáreas de áreas ganaderas no aptas para pastoreo en donde se reforestó, mediante la siembre de cercos vivos a base de *L. leucocephala* y *Erithryna spp* y se realizaron actividades relacionadas a frenar la erosión de suelo mediante la instalación de barreras de piedra en cárcavas. En el caso del módulo SPP ejidal no se logró la liberación de áreas ganaderas no aptas para pastoreo ya que los ejidatarios consideraron que todas las áreas de pastoreo son importantes

para el ganado, además de justificarse en la liberación de áreas para reforestación en proyectos pasados.

En todos los módulos se establecieron bancos forrajeros de proteína y energía. Las especies utilizadas fueron *L. leucocephala* y *Sorghum halepense* y se caracterizaron por ser de corte y acarreo. Estas especies fueron elegidas mediante consenso con los participantes ya que se tenía previo conocimiento de su buena adaptación a las condiciones orográficas y climáticas de la región. Todos los módulos SPP estuvieron delimitados por el cerco eléctrico, el cual también sirvió para dividir y rotar los potreros colindantes a los módulos.

EN el caso del mejoramiento de la infraestructura para el agua de bebida, cabe mencionar que se logro mejorar tres jagueyes de uso ejidal mediante la instalación de una bomba de agua de energía solar y una red de distribución de agua con bebederos fijos, además de cercarlos con alambre de púas y árboles para generar sombra para los animales, pero también para disminuir la evaporación del agua.

El sistema de distribución de agua instalado en los módulos SPP de los miembros del grupo de ganadería fue un sistema “por gravedad” con bebederos móviles; esto con el fin de disminuir la carencia de agua de bebida para ganado en los potreros aledaños al modulo SPP.

Conclusiones

El proyecto Resiliencia incidió durante año y medio en el ejido Triunfo Agrarista. A través de este proyecto logró iniciar la transformación de la ganadería extensiva a una ganadería sostenible además de que se brindaron herramientas sociales, técnicas y de infraestructura para la adaptación a la sequía que se vive en la región (formación, capacitación y consolidación de un grupo de ganadería silvopastoril, establecimiento de módulos silvopastoriles y el mejoramiento de sistemas de agua para consumo animal).

Las limitantes más importantes para la implementación de los módulos SPP en la región fueron por un lado *sociales* como el desinterés por aprender nuevas técnicas ganaderas, el considerar las capacitaciones como una pérdida de tiempo y el esperar un pago económico por asistir a los espacios de aprendizaje y por otro, *la orografía del terreno y las distancias* a las que se encuentran los potreros, ejidales e individuales.

De las técnicas propuestas en este proyecto, las de mayor interés y aceptación fueron las relacionadas a afrontar los periodos de sequía tales como el *establecimiento de sistemas de distribución de agua* ya sea mediante el uso de paneles solares o por gravedad y, los *bancos forrajeros y su aprovechamiento* mediante el ensilaje de pastos. Estas técnicas contribuyeron a mejorar la problemática relacionada a las escasas fuentes de agua de bebida para consumo animales y la falta de forraje (en cantidad y calidad), situaciones que se acrecientan durante la temporada de sequía.

Si bien el proyecto Resiliencia incidió positivamente en el mejoramiento de la ganadería en la región, se considera necesario dar continuidad a las actividades ya iniciadas y al fortalecimiento del grupo de ganadería Silvopastoril para poder escalonar esta experiencia entre todos los ejidatarios y así poder lograr los objetivos anhelados relacionados al cuidado de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos en la región y el PNCS.

Agradecimientos

Agradecemos al Fondo de Conservación el Triunfo (FONCET A.C.) por la oportunidad que nos brindó para ejecutar el proyecto Resiliencia en el PNCS, así mismo agradecemos a la CONANP del PNCS por todo el apoyo brindado; agradecemos a los ejidatarios del ejido Triunfo Agrarista por todas las facilidades otorgadas para poder realizar este proyecto

Literatura citada

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua), 2009. Manejo Integral de la Cuenca Cañón del Sumidero, Chiapas (en línea) Disponible en: https://issuu.com/inesachiapas/docs/plan_de_manejo_integral_de_la_cuenc Consultado el 15 de agosto 2021.

CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2021. Resiliencia (en línea) Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/500395/Factsheet_GEF_Resiliencia.pdf Consultado el 15 de agosto 2021.

UICN, 2017. ¿Qué son las soluciones basadas en la naturaleza? (en línea) Disponible en: https://www.iucn.org/node/28778 Consultado el 19 Agosto 2021.

CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas), 2019 (en línea) Disponible en: https://www.gob.mx/conanp/articulos/el-canon-del-sumidero-impulsa-sistemas-silvopastoriles-para-la-recarga-hidrica-245473?idiom=es Consultado el 24 de Agosto 2021.

Jarquín R., s/a). Las escuelas de campo y experimentación para agricultores (en línea) Disponible en: https://www.leisa-al.org/web/index.php/volumen-26-numero-4/1699-las-escuelas-de-campo-y-experimentacion-para-agricultores-en-mexico Consultado el 14 de agosto 2021.

INICIO
CRÉDITOS
COMITÉS
CONTENIDO
SECCIÓN I
SECCIÓN II
SECCIÓN III
SECCIÓN IV

De la Cruz, E., 2011. Modelo de capacitación para la ganadería sostenible en áreas naturales protegidas de Chiapas. Tesis Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma de Chiapas (en línea) Disponible en https://www.academia.edu/3274667/MODELO_DE_CAPACITACI%C3%93N_PARA_LA_GANADER%C3%8DA_SOSTENIBLE_EN_%C3%81REAS_NATURALES_PROTEGIDAS_DE_CHIAPAS Consultado el 24 de agosto 2021.

Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA), 2018. Modalidad de capacitación visitas de Intercambio de Experiencias para agricultores regantes (en línea) Disponible en: https://www.miriego.gob.bo/archivos/Modalidad_de_capacitacion_visitas_de_Intercambio_de_Experiencias_para_agricultores_regantes_2018.pdf Consultado el 13 Agosto 2021.

Efecto de los sistemas silvopastoriles en las emisiones de N_2O y CH_4 provenientes del estiércol de vacas doble propósito en el Piedemonte Amazónico Colombiano

Effect of silvopastoral systems on N_2O and CH_4 emissions from dual-purpose cow manure in the Colombian Amazon piedmont

J. E. Rivera[1]; G. Villegas[1]; A. R. Chindicué[2]; J. Chará[1]; S. Durango[3]; M. Romero[3]; L. Verchot[3]

[1]Centro Para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria — CIPAV, Carrera 25 # 6 — 62, 760002. Cali, Colombia. jerivera@fun.cipav.org.co; [2]Finca El Volga, El Doncello, Caquetá; Alianza Bioversity Internacional y el Centro Internacional de Agricultura Tropical, Km 17 recta Cali-Palmira, Cali, Colombia.

Resumen

El estiércol bovino depositado en las pasturas es fuente de N_2O y CH_4; las condiciones ambientales y algunas características del suelo afectan las emisiones de estos dos gases. Se determinaron los flujos de N_2O-N y CH_4 del suelo, heces y orina en dos usos del suelo orientados a la producción bovina, y se calcularon los factores de emisión (FE) para ambos gases. Se utilizó la técnica de cámaras cerradas estáticas durante un periodo de transición invierno-verano en tres sistemas tradicionales (ST) y tres sistemas silvopastoriles (SSP), en el Piedemonte Amazónico Colombiano. Se encontró que las emisiones de CH_4 y N_2O en orina y heces, fueron menores en los SSP en un 76.46, 42.02, 34.27 y 1.14%, respectivamente. En cuanto a los FE, los SSP emitieron 0.89 y 0.13% del N depositado en orina y heces, mientras los ST emitieron el 1.68 y 0.17%, respectivamente, con diferencias entre los sistemas ($p<0.05$). Finalmente, las emisiones de CH_4 de las heces fueron 1.08 y 0.83 g de CH_4/kg de MS de heces para los ST y SSP, respectivamente ($p<0.05$). Se concluye que los SSP pueden emitir menores cantidades de CH_4 y N_2O-N provenientes del estiércol por lo cual podrían ser alternativas de mitigación de estos gases generados por el estiércol bovino bajo condiciones del Piedemonte Amazónico Colombiano.

Palabras clave: *factor de emisión, ganadería en pastoreo, gases de efecto invernadero, mitigación del cambio climático, Tithonia diversifolia.*

Abstract

Cattle manure deposited in pastures is a source of N_2O and CH_4; environmental conditions and some soil characteristics affect emissions of these two gases. Fluxes of N_2O-N and CH_4 from soil, feces and urine were

determined for two land uses oriented to cattle production, and emission factors (EFs) were calculated for both gases. The static closed chamber technique was used during a winter-summer transition period in three traditional systems (TS) and three silvopastoral systems (SPS) in the Colombian Amazon piedmont. It was found that CH_4 and N_2O emissions in urine and feces were lower in the SPS by 76.46, 42.02, 34.27 and 1.14%, respectively. On the other hand, regarding the EF, the SPS emitted 0.89 and 0.13% of the N deposited in urine and feces, while the TS emitted 1.68 and 0.17%, respectively, with differences between the systems ($p<0.05$). Finally, CH_4 emissions from feces were 1.08 and 0.83 g CH_4/kg DM of feces for TSs and SPSs, respectively ($p<0.05$). It is concluded that SSP can emit lower amounts of CH_4 and N_2O-N from manure and could be an alternative for mitigation of these gases generated by bovine manure under conditions of the Colombian Amazon piedmont.

Keywords: *climate change mitigation, emission factor, grazing livestock, greenhouse gases, Tithonia diversifolia.*

Introducción

En los sistemas bovinos de producción, el estiércol (heces y orina) es la segunda mayor fuente de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) después del metano entérico, y es responsable de aproximadamente el 7% de las emisiones agrícolas de N_2O y CH_4 alrededor del mundo (Aguirre-Villegas y Larson, 2017).

Las praderas, que cubren aproximadamente 52.5 millones de Km^2 equivalentes al 40.5% del área terrestre (Gerber *et al*., 2013), emiten alrededor de 2.2 Tg de N_2O-N, de los cuales 74% se derivan de fuentes antropogénicas (Dangal *et al*., 2019). La deposición de heces y orina animal es la fuente más grande de emisiones anuales de N_2O en las praderas (54%), seguida de la aplicación de estiércol (13%) y de fertilizantes nitrogenados (7%) (Dangal *et al*., 2019).

De otro lado, los rumiantes aportan 109 millones de toneladas de CH_4 de estiércol (2 % de las emisiones totales de los rumiantes), de los cuales el 86% proviene del ganado bovino. Si bien la mayor parte de la emisión de CH_4 del estiércol se produce en condiciones anaeróbicas durante su almacenamiento, aún sin aplicación al suelo, a nivel de las praderas el estiércol puede ser generador de considerables emisiones de este gas bajo condiciones tropicales (Montes *et al*., 2013; Rivera *et al*., 2018). El CH_4 posee 28 veces más potencial de calentamiento que el CO_2 por lo cual también debe ser objeto de estudio y de mitigación (IPCC, 2014).

Existen evidencias que las emisiones del estiércol pueden ser disminuidas por medio de un uso adecuado del suelo, basado en una mejor estructura física, cobertura y diversidad de especies vegetales y de microrganismos (Henry *et al*., 2008; Chrinda *et al*., 2019). Además, en la actualidad existe la necesidad de establecer factores de emisión locales con el objetivo de disminuir la incertidumbre de las estimaciones de GEI y así mejorar los inventarios de emisiones de los países.

El objetivo de este trabajo fue determinar los flujos y factores de emisión para N_2O y CH_4 de las heces y orina depositadas en las praderas en dos usos del suelo orientados a la producción bovina (sistema tradicional y con un sistema silvopastoril), y así establecer posibles alternativas de mitigación para el Piedemonte Amazónico colombiano.

Materiales y métodos

Localización y usos del suelo evaluados

Las determinaciones de los flujos de gases se hicieron en tres sitios localizados en el departamento del Caquetá, los cuales contaron cada uno con un sistema tradicional (ST) y con un sistema silvopastoril (SSP). Los ST se caracterizaron por la baja presencia de árboles (<5 árboles/ha), áreas extensas de pastoreo con una carga animal promedio de 1 unidad gran ganado/ha y praderas parcialmente degradas de *Urochloa humidicola* (Rendle) Morrone & Zuloaga. Por su parte los SSP contaron con la presencia de la arbustiva *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray a una densidad aproximada a los 2500 arbustos/ha, asociada a *U. humidicola* y árboles en potrero (>25 árboles/ha); la caga animal en estos sistemas fue de 1.4 unidades gran ganado/ha. Los animales que pastoreaban estos sistemas eran vacas en producción típicas de la región con diferentes cruces entre *Bos Taurus* y *Bos Indicus* con una producción media de 5.1 (± 0.59) kg de leche/animal/día y un peso medio de 409 kg.

En la Tabla 1 se presentan algunas características de cada uno de los sitios.

Tabla 1. Localización de los predios donde se establecieron las parcelas experimentales con cámaras cerradas estáticas.

	El Volga		La Estrella		La Esperanza	
	Sitio A		Sitio B		Sitio C	
	SSP	ST	SSP	ST	SSP	ST
msnm (m)	347	337	297	297	341	330
Coordenadas	N 01°44'34.12'' W 075°15'49.67''	N 01°44'29.44'' W 075°15'52.44''	N 01°51'52.01'' W 75°11'12.32''	N 01°50'52.01'' W 075°11'12.88''	N 01°44'18.90'' W 075°15'20.13''	N 01°44'13.22'' W 075°15'34.11''
Pres. atm. (mm.Hg.)	754	758.2	759.3	758.3	762.1	762.1
Municipio	El Doncello	El Doncello	Puerto Rico	Puerto Rico	El Doncello	El Doncello

msnm: altura sobre el nivel del mar en metros; SSP: sistema silvopastoril; ST: sistema tradicional; Pres. atm.: presión atmosférica en milímetros de mercurio

La clasificación climática regional donde se encontraron los lugares de evaluación es la de bosque tropical lluvioso de tipo *Af* (clasificación Koppen), con una temperatura media anual de 25.5 °C, una precipitación de 3800 mm/año y una humedad relativa del 85%. Los suelos están clasificados como Dystrudepts y Hapludox que se originaron a partir de sedimentos aluviales finos, formando una secuencia de horizontes Ap-Bo (Olaya-Montes *et al*., 2020).

Análisis de suelos

En cada parcela fueron medidas las variables de: pH, conductividad eléctrica (CE), capacidad de intercambio catiónico (CIC), materia orgánica (MO), nitrógeno total (N), amonio ($N\text{-}NH_4$), nitrato ($N\text{-}NO_3$), densidad aparente (DA), porosidad (macro, meso y microporos), humedad gravimétrica y volumétrica, capacidad de campo y textura. Los análisis fueron hechos en los laboratorios de Servicios Analíticos y de Física de suelos del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). La temperatura del suelo y la humedad fue determinada en campo en cada uno de los ocho momentos de tomas de gases.

Determinación de los flujos de gases

Para la determinación de los flujos de $N_2O\text{-}N$ y CH_4 se utilizó la técnica de cámaras cerradas estáticas (Conen y Smith, 1998). Se depositaron 2000 g y 1000 ml de heces y orina respetivamente, en cada cámara de acuerdo con la excreción y se usaron cámaras sin aplicación de estiércol como testigo (Figura 1). Las mediciones tuvieron una duración de 32 días con 8 momentos de recolección de gases (días 1, 2, 3, 7, 11, 18, 24 y 32 posterior a la aplicación de las heces y orina), y en cada toma de gas, muestras a los 0, 10, 20 y 30 minutos fueron colectadas después de cerrar las cámaras siguiendo las recomendaciones de Pelster *et al*. (2016).

Los gases fueron tomados con el método pooling (Arias-Navarro *et al*., 2013), usando cuatro cámaras por fuente de emisión (suelo, heces u orina), en dos parcelas para cada sistema y sitio y en tres lugares diferentes. Cada parcela contó con 12 cámaras distribuidas en un área de 70 m^2 aproximadamente (Figura 1).

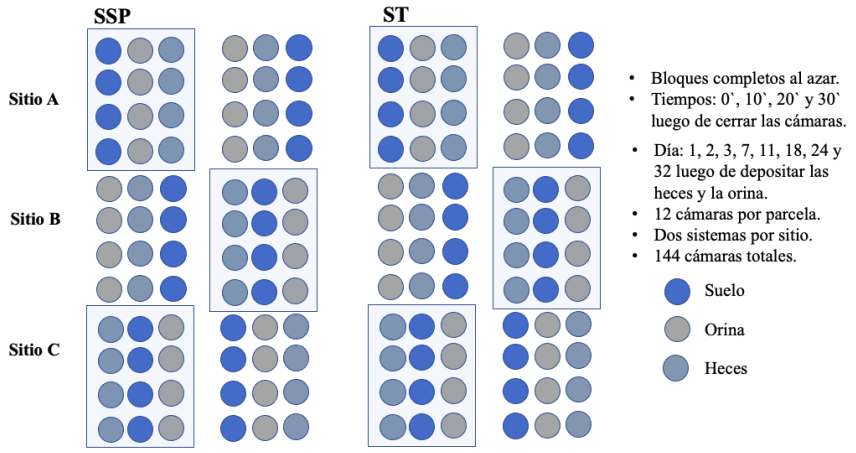


Figura 1. Distribución de cámaras en cada una de las parcelas establecidas.

Los flujos de gas (F) se calcularon usando una regresión lineal de los cuatro tiempos de toma de gases y la ecuación de los gases ideales (Ussiri *et al*., 2009):

$$F = \left(\frac{\Delta g}{\Delta t}\right)\left(\rho \frac{V}{A}\right)\left(\frac{273}{T+273}\right)k$$

Donde: $\Delta g/\Delta t$ es la tasa de cambio promedio en la concentración de gas dentro de la cámara (mg m^2 min^{-1}), ρ es la densidad del gas, V es el volumen de la cámara (m^3), A es el área de la superficie circunscrita por la cámara (m^2), T es la temperatura en la cámara (C) y k es el factor de conversión de tiempo.

Las recolecciones se hicieron en cada sitio entre las 9:30 a.m. y 12:00 m., y durante la época de transición invierno-verano en el año 2020. Durante todo el periodo de evaluación se midió la precipitación en cada sitio, y en cada momento de toma de muestras se midió la humedad del suelo y su temperatura. También se determinó el contenido de nitrógeno en las muestras de heces y orina que se depositaron en cada parcela y las concentraciones de los gases en las muestras colectadas fueron analizadas por cromatografía en el laboratorio de GEI del CIAT.

Diseño experimental y análisis de la información

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar donde el bloque fue cada uno de los sitios donde se instalaron las parcelas para ambos sistemas. Cada sistema en los tres sitios contó con 2 parcelas compuesta por 12 cámara cada una (Figura 1). A partir de la medición del flujo acumulados de gas y de la cantidad de N aplicado, se determinó un factor de emisión (FE) para cada tipo de excreción y tipo de sistema. El factor de emisión se calculó según la ecuación:

$$FE\ \ (\%) = \frac{(N2O - N\ \ emitido)\ \ -\ \ (N2O - N\ \ control)}{\mathrm{N}\ \ aplicado}\ \ x\ \ 100$$

Sordi *et al*. (2014)

Donde: FE es el factor de emisión, N_2O-N *emitido* y N_2O-N *control* son las emisiones acumuladas de N_2O de los parches de las excreciones y control (emisiones en sitios sin estiércol) durante el período de monitoreo. N *aplicado* representa la cantidad de N en la orina o heces aplicada.

Las comparaciones del gas acumulado y de las diferentes características de los suelos se evaluaron mediante la prueba la prueba HSD de Tukey, gracias al uso de la herramienta RStudio (RStudio Team, 2020).

Resultados

En la Tabla 2 se presentan las características químicas y físicas de los suelos donde se encontraron los sistemas evaluados, solo las variables de NO_3 y de macroporos tuvieron diferencias significativas. En términos generales los suelos de los SSP presentaron un pH mas bajo y una cantidad mayor de MO y nitrógeno total.

Tabla 2. Características físicas y químicas de los suelos.

Parámetro	Sistemas tradicionales (ST)		Sistemas silvopastoriles (SSP)		*valor-p*	EEM
pH	5.65	±0.27	5.44	±0.62	0.516	0.13
CE (mS/cm)	0.12	±0.04	0.54	±0.48	0.060	0.11
CIC (cmol/kg)	12.3	±3.54	12.8	±3.08	0.793	0.92
MO (g/kg)	45.3	±7.26	47.1	±8.84	0.721	2.24
N-Total (mg/kg)	1,938	±378	2,350	±712	0.240	169
NH_4 (mg/kg)	17.52	±8.96	16.9	±7.36	0.913	2.26
NO_3 (mg/kg)	14.5b	±11.5	62.1a	±40.4	0.019*	10.8
DR	2.52	±0.01	2.53	±0.03	0.437	0.01
DA	0.98	±0.11	1.06	±0.21	0.437	0.05
Arena (%)	45.8	±3.79	43.4	±2.90	0.246	1.00

Limo (%)	17.2	±3.52	18.4	±3.22	0.525	0.95
Arcilla (%)	37.1	±3.99	38.2	±4.35	0.645	1.16
Macroporos	14.1a	±2.34	10.7b	±2.42	0.021*	0.87
Mesoporos	3.20	±0.48	2.56	±0.62	0.074	0.18
Microporos	43.8	±3.82	45.4	±6.08	0.602	1.42
Porosidad total (%)	61.1	±4.35	58.3	±8.11	0.470	1.84

CE: conductividad eléctrica; CIC: capacidad de intercambio catiónico; MO: materia orgánica; N.: nitrógeno; NH_4: amonio; NO_3: nitrato; DR: densidad real, DA: densidad aparente. * letras diferentes en una misma fila denotan diferencias significativas ($p<0.05$).

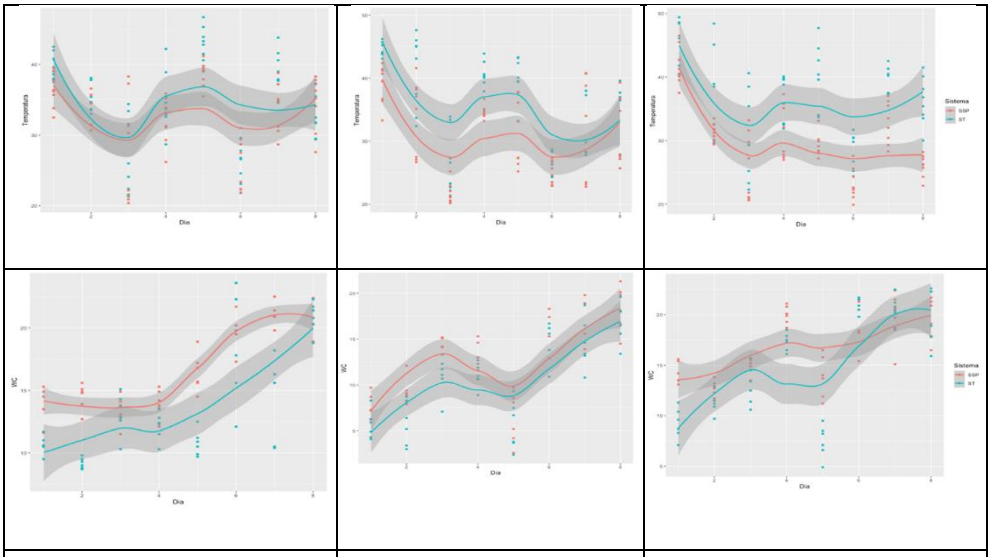


Figura 2. Temperatura (ºC) (arriba) y WC (%) (abajo) presentados en cada uno de los tres sitios durante el periodo de evaluación.

WC: contenido de agua – humedad volumétrica.

Con relación a la temperatura y la humedad del suelo durante el periodo de evacuación, los sitios bajo el SSP presentaron mayor humedad y menor temperatura en todos los casos. En la Figura 2 se presentan los resultados. Además, se determinó una precipitación de 393 mm con 17 eventos para los sitios A y C, y para el sitio B se presentó una precipitación de 492 mm con 12 eventos.

Los flujos de gases para suelos, orina y heces se muestran en la Figura 3. Se encontró que los ST emitieron un 52.48% menos de N_2O-N en el suelo, y para le caso de CH_4 las praderas bajo SSP emitieron un 23.89% menos de este gas. En cuanto a las emisiones de la orina, los flujos acumulados de CH_4 y N_2O fueron un 76.46 y 42.02% menores en los SSP, y en las heces las emisiones fueron 34.27 y 1.14% inferiores en estos mismos sistemas con respecto a los ST.

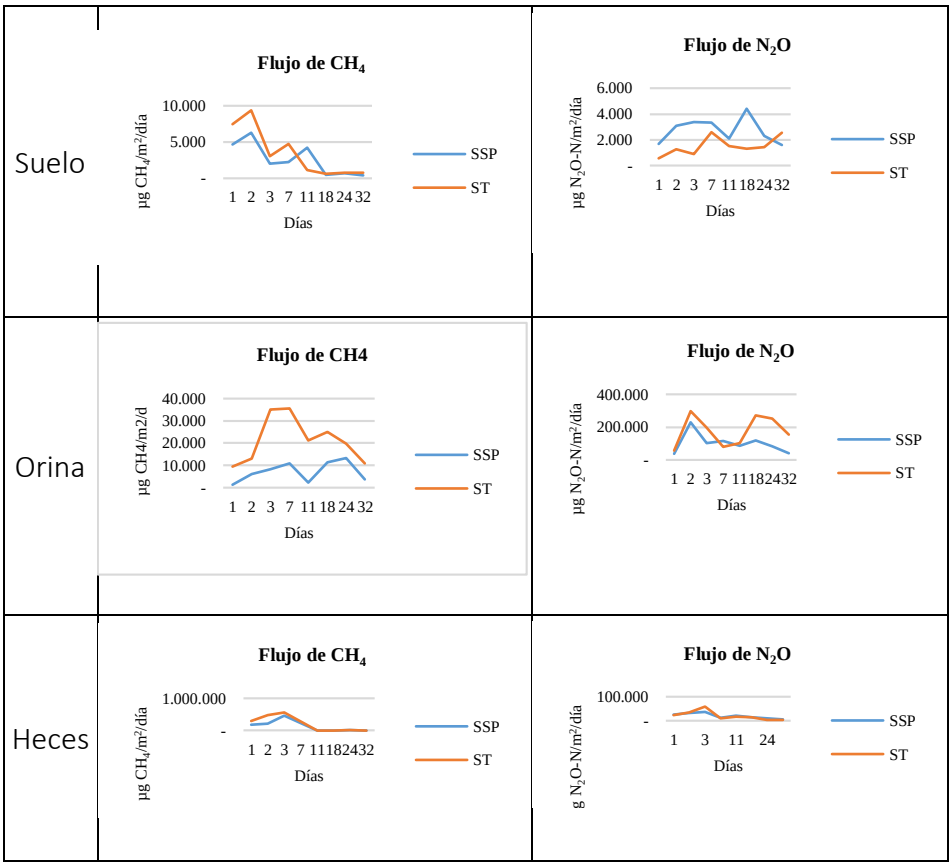


Figura 3. Flujos de gases durante el periodo de evaluación para los dos sistemas evaluados. SSP: sistema silvopastoril; ST: sistema tradicional

En la Tabla 3 se muestran los factores de emisión determinados para heces (N_2O-N y CH_4) y orina (N_2O-N). Los sistemas SSP presentaron menores factores de emisión que los ST con diferencias significativas ($p<0.05$).

Tabla 3. Factores de emisión (FE) para heces y orina depositadas en ambos sistemas evaluados.

	Porcentaje de N emitido como N_2O-N en orina	Porcentaje de N emitido como N_2O-N en heces	Gramos de CH_4/kg de MS de heces
ST	1.68a (± 0.22)	0.17 (± 0.02)	1.08a (± 0.23)
SSP	0.89b (± 0.25)	0.13 (± 0.04)	0.83b (± 0.21)
EEM	0.14	0.04	0.07
Valor-p	0.0004	0.059	0.005

ST: sistema tradicional; SSP: sistema silvopastoril; EEM: error estándar de la media; N: nitrógeno; MS: materia seca. Valor en una misma columna con letra diferente denota diferencia significativa ($p< 0.05$).

Discusión

Los mayores flujos de N_2O-N presentados en las praderas de los SSP se debieron probablemente a la cantidad de N que los suelo bajo estos sistemas tuvieron, así como a una mayor humedad. De acuerdo con Chen *et al*. (2008) los dos procesos principales que generan el N_2O, la nitrificación y la desnitrificación, se encuentran influenciados fuertemente por factores climáticos y del suelo. La producción de N_2O depende de la disponibilidad de los sustratos para ambos procesos, es decir, NH_4^+ para el caso de la nitrificación y NO_3^- para la desnitrificación (Zaman *et al*., 2007).

De otro lado Chirinda *et al*. (2019) estudiaron la respuesta de los suelos secos y húmedos a las emisiones de N_2O, y establecieron que durante el período en que el suelo se encuentra seco no hay emisiones, mientras que, al aplicar agua, comienza inmediatamente la producción de N_2O, ya que el contenido de agua del suelo influencia las condiciones de difusión determinando la cantidad de oxígeno disponible. Valores de saturación del 60-70% de humedad en el suelo promueven la generación de N_2O debido a que limitan la difusión de O_2, dando lugar a procesos de desnitrificación (Saggar *et al*., 2004).

En cuanto a las emisiones de CH_4, diferentes procesos microbianos determinan sus flujos a la atmósfera y están condicionados por factores tales como el potencial redox, el pH, la temperatura, y el contenido de carbono orgánico y nitrógeno del suelo (Towprayoon *et al*., 2005). Estos factores pueden afectar la proliferación de algunos microorganismos del suelo y, a su vez, favorecer o limitar el metabolismo bacteriano a través de su incidencia en la síntesis y actividad enzimática (Conrad, 1996). El proceso de la metanogénesis es regulado por la concentración de O_2, el contenido de materia orgánica como sustrato, y los factores que determinan su potencial redox.

Las menores emisiones de CH_4 en los SSP se debe posiblemente a una mayor diversidad de microrganismo en el suelo, a una mayor estructura de éste, producto de la presencia de árboles y arbustos en las praderas, y a un mayor cubrimiento del suelo, lo cual puede favorecer una mayor presencia de O_2 en el suelo. Cubillos *et al*. (2016) encontraron en un estudio que incluyó diferentes edades de SSP, que estos arreglos tienen un potencial significativamente más bajo de procesos anaerobios (entre el 15 y el 20%) frente a sistemas de monocultivo, y similares a los observados en zonas boscosas.

Los resultados encontrados para los FE presentaron mayores valores de N_2O-N en la orina. La mayoría de los estudios que comparan los factores de emisión de N_2O-N de heces y orina sugieren valores más altos para la orina (van Groenigen *et al*., 2005; López-Aizpún *et al*., 2020), como lo encontrado en este estudio. De acuerdo con Sordi *et al*. (2014), la fracción de N que se pierde como N_2O-N en la orina es mayor que la de las heces porque solo una fracción relativamente pequeña de N en el estiércol está en una condición inestable y esto depende de la dieta de los animales.

En un estudio en Nueva Zelanda, Luo *et al*. (2008) reportaron factores de emisión (FE) para aplicaciones de orina de entre 0.2 y 1.59%, dependiendo de la temporada, este rango de factores de emisión se encuentra acorde a lo determinado en esta evaluación. Esta variabilidad en los FE destaca la importancia de determinar las emisiones específicas para cada país o región climática. Por otro lado, algunos estudios han encontrado que este valor puede ser considerablemente inferior a tal punto que para el año 2019 en IPCC ha modificado ese valor a un 0.4% para estimar las emisiones directas y otro 0.27% aproximadamente para las emisiones indirectas por lixiviación y volatilización (IPCC, 2019).

Actualmente en Nueva Zelanda se han adelantado esfuerzos para desagregar los FE por tipo de ganado (bovinos y ovejas), tipo de excreta (heces y orina) y clima (húmedo y seco). En este país los FE para orina y heces son del 1% y del 0.25%, respectivamente (van der Weerden *et al*., 2020). Los valores de Nueva Zelanda, aplicados a todas las clases principales de ganado (ovejas, ganado y venados), son similares a los encontrados por Chadwick *et al*. (2018) en estudios en el Reino Unido (promedio de orina y heces de 0.69% y 0.19%, respectivamente), e Irlanda donde se han encontrado FE para estas dos mismas fuentes de emisión de 1.18% y 0.31% respectivamente (Krol *et al*., 2016). De igual forma Rivera *et al*., (2018) en Colombia encontraron FE para sistemas bajo condiciones tropicales entre 1.37 y 1.77% para heces, y entre 0.3 y 3.47% para orina, los cuales son superiores a los reportados por Sordi *et al*. (2014) en Brasil quienes encontraron valores de 0.19 a 0.33% y de 0.12 a 0.19% para orina y heces, respectivamente.

Finalmente, con relación a las emisiones de CH_4 de las heces, los resultados de esta evaluación se encuentran por encima de las recientes estimaciones del IPCC, que en términos generales estiman en promedio 0.49 ± 0.43 g de CH_4 por kg de materia seca (MS) de estiércol (IPCC, 2019). La diversidad de condiciones que modifican las emisiones de CH_4 ha generado gran dispersión en los resultados (Andueza *et al*., 2017), ya que existen reportes de hasta 1 g de CH_4 por kg de MS de estiércol generado, valor que pueden ser hasta cinco veces mayor cuando el estiércol es almacenado incorrectamente bajo condiciones anaeróbicas (Sneath *et al*., 2006). Según Chadwick (2005) las

emisiones en estiércol pueden variar entre de 0.4 al 9.7% del contenido total de C depositado por el estiércol.

Conclusiones

Los SSP tienen la capacidad de generar menores factores de emisión provenientes de la orina (N_2O-N) y de las heces (CH_4) depositadas en las praderas bajo condiciones del Piedemonte amazónico colombiano, por lo cual pueden ser sistemas que mitigan las emisiones de estos gases en los suelos de sistemas ganaderos.

Agradecimientos

Esta investigación se llevó a cabo en marco del proyecto 18_III_106_COL_A_Estrategias productivas sostenibles. Este proyecto es parte de la Iniciativa Internacional para el Clima (IKI). El Ministerio Federal del Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear de Alemania (BMU) apoya esta iniciativa basada en una decisión del Bundestag alemán. Los autores de igual forma agradecen a los propietarios y colaboradores de las fincas El Volga, La Esperanza y La Estrella en el departamento del Caquetá.

Bibliografía

Aguirre-Villegas, H.A., Larson, R.A., 2017. Evaluating greenhouse gas emissions from dairy manure management practices using survey data and lifecycle tools. Journal of Cleaner Production, 143, 169–179

Andueza D., Picard F., Dozias D., Aufrère J., 2017. Fecal Near-Infrared Reflectance Spectroscopy Prediction of the Feed Value of Temperate Forages for Ruminants and Some Parameters of the Chemical Composition of Feces: Efficiency of Four Calibration Strategies. Applied Spectroscopy, 71, 2164–2176

Arias-Navarro, C., Díaz-Pinés, E., Kiese, R., Rosenstock, T.C., Rufino, M.C., Stern, D., Neufeldt, H., Verchot, L., Butterbach, K., 2014. Gas pooling: A sampling technique to overcome spatial heterogeneity of soil carbon dioxide and nitrous oxide fluxes. Soil Biology and Biochemistry, (67): 20-23

Chadwick, D.R., Cardenas, L.M., Dhanoa, M.S., Donovan, N., Misselbrook, T., Williams, J.R., Trorman, R.E., McGeough, K.L., Watson, C.J., Bell, M., Anthony, S.G., Rees, R.M., 2018. The contribution of cattle urine and dung to nitrous oxide emissions: quantification of country specific emission factors and implications for national inventories. Science of the Total Environment, 635, 607–617

Chadwick, D. 2005. Emissions of ammonia, nitrous oxide and methane from cattle manure heaps: effect of compaction and covering. Atmos. Environ. 39, 787–799

Chen, D., Li, Y., Grace, P., Mosier, A.R., 2008. N_2O emissions from agricultural lands: A synthesis of simulation approaches. Plant Soil, 309, 169–189

Chirinda, N., Loaiza, S., Arenas, L., Ruiz, V., Faverín, C., Alvarez, C., Savian, L.V., Belfon, R., Zuniga, K., Morales-Rincon, L.A., Trujillo, C., Arango, M., Rao, I., Arango, J., Peters, M., Barahona, R., Costa Jr., C., Rosenstock, T.S., Richards, M., Martinez-Baron, M., Cardenas,

L., 2019. Adequate vegetative cover decreases nitrous oxide emissions from cattle urine deposited in grazed pastures under rainy season conditions. Scientific Reports, 9, 908

Conen, F., Smith, K.A., 1998. A re-examination of closed flux chamber methods for the measurement of trace gas emissions from soils to the atmosphere. European Journal of Soil Science, 49(4), 701–707

Conrad, R. 1996. Soil Microorganisms as Controllers of Atmospheric Trace Gases (H2, CO, CH4, OCS, N2O, and NO). Clinical Microbiology Reviews, 60 (4), 609–640

Cubillos, A.M., Vallejo, V.E., Arbeli, Z., Terán, W., Dick, R.P., Molina, C.H., Molina, E., Roldan, F. 2016. Effect of the conversion of conventional pasture to intensive silvopastoral systems on edaphic bacterial and ammonia oxidizer communities in Colombia. European Journal of Soil Biology, 72: 42-50

Dangal, S.R.S., Tian, H., Xu, R., Chang, J., Canadell, J.G., Ciais, P., Pan, S., Yang, J., Zhang, B., 2019. Global nitrous oxide emissions from pasturelands and rangelands: magnitude, spatiotemporal patterns, and attribution. Global Biogeochemical Cycles, 33, 200–222

Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A., Tempio, G., 2013. Hacer frente al cambio climático a través de la ganadería – Evaluación global de las emisiones y las oportunidades de mitigación. Roma, FAO

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)., 2014. AR5. Climate Change 2014: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2019. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories 2019 Refinement to the 2006. In: Blain, D., Agus, F., Alfaro, M. A., Vreuls, H. (Eds). Volume 4. Agriculture, Forestry and Other Land Use National Greenhouse Gas Inventories Programme. IGES, Japan

Krol, D.J., Carolan, R., Minet, E., McGeough, K.L., Watson, C.J., Forrestal, P.J., Lanigan, G.L., Richards, K.G., 2016. Improving and disaggregating N2O emission factors for ruminant excreta on temperate pasture soils. Science of the Total Environment, 568, 327–338.

López-Aizpún, M., Horrocks, C.A., Charteris, A.F., Marsden, K.A., Ciganda, V.S., Evans, J.R., Chadwick, D.R., Cárdenas, L.A., 2020. Meta-analysis of global livestock urine-derived nitrous oxide emissions from agricultural soils. Global Change Biology, 26, 2002 – 2013

Luo, J., Lindsey, S.B., Ledgard, S.F., 2008. Nitrous oxide emissions from animal urine application on a New Zealand pasture. Biology and Fertility of Soils, 44, 463–470

Montes, F., Meinen, R., Dell, C., Rotz, A., Hristov, A.N., Oh, J., Waghorn, G., Gerber, P.J., Henderson, B., Makkar, H.P., Dijkstra, J., 2013. Special Topics-Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: II. A review of manure management mitigation options. Journal of Animal Science, 91(11), 5070-5094

Olaya-Montes, A., Llanos-Cabrera, M.P., Cherubin, M.R., Herrera-Valencia, W., Ortiz-Morea, F.A., Silva-Olaya, A.M. 2020. Restoring soil carbon and chemical properties through silvopastoral adoption in the Colombian Amazon region. Land Degradation & Development.

Pelster, D., Gisore, B., Koske, J., Goopy, J., Korir, D., Rufino, M., Butterbach-Bahl, K., 2016. Methane and Nitrous Oxide emission from cattle excreta on an East African Grassland. Journal of environmental quality, 45(5):1531-1539

Rivera, J.E., Chará, J., Barahona, R., 2018. CH_4, CO_2 and N_2O emissions from grasslands and bovine excreta in two intensive tropical dairy production systems. Agroforestry Systems, 93, 915–928

RStudio Team., 2020. RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA. http://www.rstudio.com/.

Saggar, S., Andrew, R.M., Tate, K.R., Hedley, C.B., Rodda, N.J., Townsend, J.A., 2004. Modelling nitrous oxide emissions from dairy-grazed pastures. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 68(3), 243–255

Sneath, R.W., Beline, F., Hilhorst, M.A., and Peu, P. (2006). Monitoring GHG from manure stores on organic and conventional dairy farms Agriculture, Ecosystems & Environment, 112, 122–128.

Sordi, A., Dieckow, J., Bayer, C., Alburquerque, M.A., Piva, J.T., Zanatta, J.A., Tomazi, M., da Rosa, C.M., de Moraes, A., 2014. Nitrous oxide emission factors for urine and dung patches in a subtropical Brazilian pastureland. Agric. Agriculture, Ecosystems & Environment, 190, 94–103

Towprayoon, S., Smakgahn, K., Poonkaew, S., 2005. Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from drained irrigated rice fields. Chemosphere, 59, 1547–1556

Ussiri, D.A.N., Lal, R., Jarecki, M.K., 2009. Nitrous oxide and methane emissions from long-term tillage under a continuous corn cropping system in Ohio. Soil Till. Res. 104(2), 247–255.

Van Groenigen, J.W., Kuikman, P.J., de Groot, W.J.M., Velthof, G.L., 2005. Nitrous oxide emissions from urine-treated soil as influenced by urine composition and soil physical conditions. Soil Biology & Biochemistry, 37, 463–473

Van der Weerden, T.J., Noble, A.N., Luo, J., de Klein, C.A.M., Saggar, S., Giltrap, D., Gibbs, J., Ryse, G., 2020. Meta-analysis of New Zealand's nitrous oxide emission factors for ruminant excreta supports disaggregation based on excreta form, livestock type and slope class. Science of The Total Environment, 732 (25), 139235

Zaman, M., Nguyen, M.L., Matheson, F., Blennerhassett, J.D. Quin, B.F., 2007. Can soil amendments (zeolite or lime) shift the balance between nitrous oxide and dinitrogen emissions from pasture and wetland soils receiving urine or urea-N? Australian Journal of Soil Research, 45, 543–553

¿Podrán los sistemas silvopastoriles mejorar los balances de carbono en Argentina?

¿Can silvopastoral systems improve carbon balances in Argentina?

[1]Gándara L.; [23]Faverin C.; [2]Cambareri G.S.; [4]Tieri, M. P.; [5]Cosentino, V.R.N.; [6]Recavarren P.M.; [5]Beltran M.J.; [7]Yogi D.R; [7]Perrens G.A.; [8]Colcombet, L.; [9]Peri P.L.

[1]E.E.A. INTA Corrientes, [2]E.E.A. INTA Balcarce, [3]Universidad Nacional de Mar del Plata, [4]EEA INTA Rafaela.-UTN Rafaela [5]Instituto de Suelos. INTA Castelar, [6]A.E.R. INTA Olavarría, [7]Facultad de Ciencias Agrarias, UNNE. [8]E.E. A INTA Montecarlo, [9]E.E.A. INTA Santa Cruz.

Resumen

El objetivo fue evaluar el balance neto y la huella de carbono de la producción vacuna en un sistema ganadero pastoril con la inclusión del árbol bajo sistema silvopastoril. El ensayo se realizó en un establecimiento ubicado en el Departamento de Concepción, Corrientes, Argentina. Se calcularon y modelaron los valores de balance de carbono para el año 2010 (línea de base), 2021 (situación actual) y la proyección al 2030, considerando datos relevados del suelo, pastizal, árboles y animales. Se evaluó el stock, secuestro y emisión de carbono del suelo (0-30 cm), raíces del árbol y del pastizal, biomasa aérea del pastizal y del árbol, y del componente animal. El balance de carbono del sistema ganadero mejoró significativamente con la inclusión del árbol (25% de la superficie total del predio), con lo que se logró disminuir el balance de 21,85 a -7,8 kg de CO_2 kg PV^{-1}.

Palabras claves: *Sistemas integrados de producción animal, huella de carbono, secuestro, emisión.*

Abstract

The work objective was to evaluate the net carbon balance and cattle carbon footprint at a farm level that includes trees under silvopastoral systems in Concepción, Corrientes, Argentina. The carbon balance has been calculated and modeled in 2010 (base line), 2021 (actual situation) and the future trend in 2030, by considering the data from soil, grass, tree and animal. The carbon stock, sequestration and emissions were estimated from soil (0-30 cm), trees and grasses roots, above ground biomass of trees and grasses, and cattle. The carbon balance improved from 21.85 to -7.80 kg CO_2 kg $meat^{-1}$ produced, by including trees on 25% of farms surface under silvopastoral use.

Keywords: *Integrated* livestock *systems*, carbon footprint, sequestration, emission.

Introducción

Los sistemas silvopastoriles (SSP) son una variante de la agroforestería y consisten en la combinación de la producción forestal y la ganadera, diseñada para capturar los beneficios resultantes de las interacciones ecológicas y económicas entre ambas producciones (Gomez, 2019). A nivel mundial existen cerca de 1.000 millones de hectáreas bajo agroforestería, de las cuales una parte importante está dedicada a SSP (Kumar *et al*., 2014).

En Argentina, existe una amplia gama de SSP que se han establecido para una variedad de propósitos, utilizando variadas especies en diferentes configuraciones espaciales y temporales (Peri *et al*., 2018). Particularmente en la región Mesopotamia (Provincias de Corrientes y Misiones) han sido adoptados sistemas integrados con pinos y gramíneas que junto con la ganadería ofrecen una alternativa a la producción de diversidad y con posibilidades para aumentar la rentabilidad en comparación con los sistemas agrícolas tradicionales (Peri *et al*., 2018). Corrientes, es considerada la provincia Argentina con mayor superficie de plantaciones forestales y cuenta con más de 516 mil ha forestadas (Argentina Forestal, 2019). La plantación forestal puede generar rollizos para tres diferentes tipos de industrias: La industria del aserrado (tablas para fábrica de pisos, construcción, pallets, decks), tableros (aglomerados, laminados y contrachapados) y aquellos que consumen chips (pasta celulósica, energía). En lo que respecta a ganadería, esta provincia contribuye con el 8,5 % (4,7 millones de cabezas) al stock (total de cabezas) nacional, que ronda los 54,8 millones de vacunos (SENASA, 2018).

La actividad ganadera más difundida en el Noreste Argentino (NEA) es la cría bovina, desarrollada exclusivamente sobre pastizales (Rearte, 2007), que en las últimas décadas ha evolucionado hacia sistemas integrados de cría - recría o invernada (Sampedro, 2018). Si bien los pastizales son la base de la producción ganadera en la región del NEA, en los últimos años los sistemas SSP han ganado difusión como modelos de producción, particularmente en las provincias de Misiones y Corrientes (Esquivel *et al*., 2004). Esto se debe a que la integración de la ganadería, la producción de forrajes y la forestación en el mismo predio tienen como propósito optimizar las producciones individuales. Por otra parte, los beneficios ambientales del silvopastoreo comparados a los sistemas de pastizales a cielo abierto son múltiples y van

desde mejorar el almacenamiento de carbono (C) hasta enriquecer la biodiversidad.

El cambio climático es una realidad y se prevé que la temperatura de la superficie global aumente sustancialmente en los próximos 80 años (IPCC, 2021). A esto se suma la necesidad de la producción de alimentos por parte del sector ganadero, al cual se lo vincula a problemas ambientales como son las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) principales responsables del cambio climático (IPCC, 2021). Si bien las emisiones de GEI de Argentina representan menos del 1% a nivel mundial, al firmar el Acuerdo de París el país ha asumido un compromiso de adaptación y mitigación del cambio climático. Argentina, además ha asumido compromisos de reducción ante la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC) (Moreira Muzzio, 2019).

El sector ganadero argentino contribuye con el 21,6% de las emisiones nacionales de GEI, a través de la emisión de metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) y dióxido de carbono (CO_2) (Moreira Muzzio, 2019). En el caso de la ganadería, se considera que las emisiones de GEI podrían mitigarse por dos vías: reducción de emisiones antropogénicas, o creación y/o mejoramiento de los sumideros de C de la biosfera (Peri *et al*., 2018). Por esto, un desafío nacional con respecto al cambio climático es el de promover sistemas de producción ganadera sostenible que puedan mantener o incrementar la producción de carne, su retorno económico y promuevan aspectos sociales, mientras se reduce el impacto ambiental.

En un contexto de cambio climático, el almacenamiento potencial de C de los SSP comparado con otros monocultivos toma predominancia. De acuerdo a Zomer *et al*. (2016), los SSP tienen un rol clave en el secuestro de C en la biomasa, con un aumento promedio del 6,95 % entre 2000 y 2010 en Sudamérica. En este sentido, conocer la capacidad de captura y almacenamiento de C en estos sistemas de producción es esencial para la adaptación y mitigación del cambio climático. En Argentina, hubo avances parciales en la cuantificación de stock de carbono en SSP de bosques nativos y con plantaciones forestales (Peri *et al*., 2017). Sin embargo, no contábamos con antecedentes en el balance neto de C y de estimación de la huella de C en estos sistemas productivos.

Debido a la complejidad de los sistemas ganaderos, la elección de sistema de manejo que permitan reducir las emisiones de GEI dependerá de las condiciones locales. Para esto se requieren de abordajes específicos e

información precisa actualizada para evaluar las estrategias de mitigación más apropiadas (Crosson *et al*., 2011). En los sistemas de cría y recría bovina en pastoreo, la productividad y la eficiencia reproductiva son consideradas como las principales determinantes de las emisiones de GEI (Becoña *et al*., 2014; Faverin *et al*., 2019). Un indicador utilizado para la evaluación de las emisiones de GEI es la huella de carbono (HC) (Wieldman and Minx 2008) que consiste en la cuantificación de la totalidad de los GEI emitidos por efecto directo o indirecto de un individuo, organización, evento o producto (BSI, 2008), es considerado un indicador de eficiencia y que permite comparativamente identificar opciones de mejora. Este análisis es aún más relevante cuanto se consideran los niveles de producción y su implicancia en los balances de GEI. No obstante, el cálculo de la HC solo contempla las emisiones de GEI, y metodológicamente no tiene en cuenta la capacidad potencial que tienen los sistemas pastoriles y/o SSP para capturar y secuestrar C. Algunos estudios recientes incorporan en sus aproximaciones las estimaciones de secuestro de C y estiman el balance de C (O'Brien *et al*., 2014; Batalla *et al*., 2015).

Si bien muchas estimaciones de stock C en los sistemas son efectuadas a partir de experimentos de campo de corto o mediano plazo, muchas son realizadas con las ecuaciones empíricas del IPCC Tier 1 (2006). Es importante mencionar que, a nivel de variables biofísicas, la metodología del IPCC puede dar lugar a resultados que difieran entre diferentes regiones agroecológicas ya que fue diseñada para ambientes y situaciones promedio. Por ello, es necesaria la complementación en la estimación del balance de C con modelos mecanísticos que permitan capturar las características intrínsecas de los SSP. En ese sentido, la familia de modelos DNDC (Li *et al*., 2004, Li *et al*., 2012, Zhang and Niu, 2016) permite modelar la dinámica del C y los GEI en sitios específicos y para actividades particulares con un paso anual, aumentando la precisión de los resultados. Aunque estos modelos aún no se han validado en Argentina, ofrecen una oportunidad para complementar preliminarmente las estimaciones de las emisiones de GEI y, calcular consecuentemente el balance de C a corto, mediano y largo plazo. Esto es de especial importancia para estimar la contribución de los SSP a la luz de los compromisos del Acuerdo de París, cuyo horizonte temporal es el año 2030.

El objetivo de este trabajo fue estimar la huella y el balance neto de C en un sistema de cría-recría bovina en transición a silvopastoril en distintos momentos (de base, presente y futuro) en Corrientes, Argentina.

Materiales y Métodos

Área de estudio y definición de sistemas de producción

El área de estudio se ubica en el NEA, especificamente en la subregión mesopotámica, con clima subtropical, húmedo y lluvioso durante el verano. En esta sub región las temperaturas anuales varían entre 15 °C en invierno a 27 °C en verano y las precipitaciones anuales oscilan entre 1.600 y 1.900 mm, siendo los meses de invierno de junio a agosto son los más secos. En particular, los pastizales de la región cubren entre 36 y 41% de la superficie y están compuestos por especies estivales, principalmente gramíneas C4. Estas crecen activamente desde la primavera hasta el otoño y presentan crecimientos muy bajos a nulos en invierno (Gándara *et al*., 1990).

El trabajo fue desarrollado en la Estancia "Santa María de la Concepción" (Latitud 28°21'43.90" S y longitud 58° 4'32.52" O), localizada en el departamento Concepción, Corrientes. El paisaje es de planicies arenosas, a 63 metros sobre el nivel del mar y sobre suelos pertenecientes a la serie Chavarría (*Psammacuent típico*) (Escobar *et al*., 1996; Navarro de Rau y Kurtz, 2019). El contenido de materia orgánica de estos suelos arenosos es menor al 2%, débilmente ácidos (ph 5-5,5) con excesos de humedad y sobresaturación por tiempos prolongados por las lluvias (Escobar *et al*., 1996). El tapiz vegetal pastizal se caracteriza por pastos que crecen en forma de matas, donde la paja colorada (*Andropogon lateralis*) y *Rhynchospora tenuis* son las especies dominantes, mientras que en la intermata dominan especies como *Axonopus* sp. y *Paspalum notatum* (Carnevali, 1994).

Para este estudio se simuló un sistema ganadero con un rodeo de la raza Bradford dedicado a la cría bovina con recría de las hembras que quedan para reposición. Los datos simulados corresponden a un rodeo, que se considera cerrado y constante en el tiempo, se compone de 400 vientres, 82 vaquillas, 82 vaquillonas y 16 toros. El servicio es natural con un 4 % de toros y estacionado en 3 meses (octubre, noviembre y diciembre). La edad de las vaquillas para iniciar su etapa reproductiva es a los 24 meses. El rodeo se suplementa durante todo el año con sales de Na, Ca y P. El destete se realiza a los 6-7 meses de edad (febrero-marzo) con un peso de 160 kg cab^{-1} momento que coincide con las ventas o salidas de los terneros y las terneras que no son parte de la reposición (20 % de los vientres), como así también de los vientres improductivos que se descartan por edad o por problemas sanitarios. Los terneros de vaquillas se destetan precozmente y son alimentados en corral con alimento balanceado. Esta práctica además garantiza un buen porcentaje de preñez en el segundo servicio de las

vaquillas. La marcación es del 70%, la tasa de mortalidad general del rodeo es 1% y la producción de carne 79,2 kg ha^{-1} $año^{-1}$.

Sobre una superficie ganadera útil de 800 ha se implantaron 20 ha pino híbrido cada dos años (*Pinus elliottii var elliottii x P. caribaea var hondurensis)* de manera consecutiva a partir del año 2010 hasta el 2028. Con la implantación de los pinos, el área generó un cambio de uso del suelo de un sistema de pastizal puro a un sistema de pastizal con árboles "SSP". La densidad de implantación de los sistemas silvopastoriles fue de 556 árboles ha^{-1} bajo una distribución espacial de hileras doble apareadas con 12 metros (callejón ancho) entre hileras o filas (EF) dobles, 6 metros entre hileras (callejón angosto) y 2 metros entre plantas (EP).

El suelo fue preparado con 6 meses de anterioridad, y esta fue realizada solamente en las hileras donde se planta la especie forestal, de manera de mantener la condición del pastizal sin pérdidas o cambios en su composición botánica y productividad.

Los parámetros dasométricos y de crecimiento del dosel evaluados fueron los siguientes: superficie forestada, D (densidad de árboles), Ht (altura total), AB, (área basal), V Real (volúmen real), Hp (altura de poda), LCV (longitud de copa verde), PA (peso del árbol), IMA (incremento medio anual) de la biomasa aérea.

Descripción de los escenarios y estimaciones

Horizontes temporales y características del sistema

Se plantearon 3 escenarios de evaluación: Línea de base (año 2010), Actual (año 2021) y Futuro (año 2030) sobre la superficie total de 800 ha. La base forrajera del sistema sostiene una carga animal de 0,89 animales/ha (0,5 vientres/ha) en servicio por hectárea. Los datos considerados en este trabajo fueron recolectados durante un período de diez años (de 2010 a 2020). Los insumos primarios incluyeron alimentos para animales (balanceado para destete precoz), electricidad y combustible para forrajes. No se plantearon diferencias entre los escenarios en cuanto al sistema de producción ganadero, ni en oferta y demanda forrajera, tampoco variación de la carga animal y resultados productivos. Se introdujo el pastoreo a estas superficies a los 18 meses de edad. Un detalle de los escenarios propuestos se presenta en la Tabla 1. En el año 2010 se inició el cambio del uso del suelo con las primeras 20 ha de tradicional a silvopastoril y durante el 2020 se realizó el

primer raleo comercial donde se cosechó el 50 % (278 árboles), en este momento como así también para todos los lotes que llegan a 10 años se cambia la configuración espacial de (12m x 6m x 2m) a (24m x 6m x 2m) metros de la distancia entre hileras dobles, entre hileras simples y entre árboles. Luego a los 15 años desde su implantación se realiza la tala rasa y se vuelve a plantar nuevamente con la misma configuración inicial. Este cronograma de manejo se modeló para todas las plantaciones para calcular el volumen de madera producida. En lo que respecta a carga animal media, se asumió como una constante.

Tabla 1. Características generales de los escenarios de simulación.

	BASE (2010)	ACTUAL (2020)	FUTURO (2030)
Superficie a cielo abierto (ha)	780	700	600
Superficie forestada (ha)	20	100	200
Superficie de implantación -sin acceso a ganadería (ha)	20	20	0
Carga animal (cabezas ha^{-1} ganadera)	0,78	0,89	1,01
Cantidad de árboles (superficie SSP)		55.600	94.520
Densidad de árboles-ha^{-1}- sobre el total (n)	0	70	118
Producción de madera total (tn MS fuste + ramas y hojas ha^{-1})	0	9.391,5*	17.427,9**
Producción de madera total (tn de MS fuste ha^{-1} forestadas)	0	7.826*	14.523,3**

* acumulación de la biomasa aérea de los árboles de la superficie forestada al 2020; ** acumulación de la biomasa aérea de los árboles de la superficie forestada al 2030.

Estimación de la Huella de Carbono

Para calcular la HC, se consideraron las emisiones de los GEI metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) y dióxido de carbono (CO_2) hasta la tranquera del establecimiento, siendo estimadas con un enfoque de análisis de ciclo de vida. Las emisiones totales de GEI se expresaron en unidades de CO_2 equivalente (CO_2 eq) teniendo en cuenta el potencial de calentamiento global (PCG) de cada gas (IPCC, 2014) y asumió un horizonte temporal de 100 años. Los PCG fueron 25, 298 y 1 para el CH_4, N_2O y CO_2, respectivamente. Luego de calcular las emisiones totales de GEI, se determinó la HC (kg CO_2eq por unidad de producto), siendo la unidad funcional el kg de peso vivo (PV) producido. Las emisiones de GEI fueron estimadas utilizando las ecuaciones del IPCC (2019) que representaron las distintas fuentes de emisión en el ciclo productivo, es decir aquellas emisiones pre-cadena, tales como las asociadas a la producción y transporte de alimento para consumo animal importados al establecimiento y aquellas propias del sistema de producción. Las fuentes de

emisión de GEI consideradas fueron las siguientes: emisiones de CH_4 de la fermentación entérica y de las heces depositadas en pasturas, emisiones directas e indirectas de N_2O provenientes de la orina y heces de animales en pastoreo, emisiones derivadas del uso de combustibles fósiles utilizados para las tareas agropecuarias. Con respecto a la última categoría, las emisiones provenientes del uso de combustibles y lubricantes utilizados en la producción de madera se estimaron en base a la cantidad, el tipo de combustible y los factores de emisión para cada caso. Se diferenció entre nafta y diésel, los factores de emisión se obtuvieron del informe Nacional de Inventario (INI) de la República Argentina a la CMNUCC (MAyDS, 2017). Se estimó además el consumo eléctrico del establecimiento en base a consumos promedio de la zona y las emisiones de GEI se estimaron en base al factor de emisión del mismo informe (MAyDS, 2017).

Stock y secuestro de C en suelo, biomasa aérea y raíces.

La estimación del stock de carbono orgánico del suelo (COS) y del C secuestrado en el suelo se realizó con dos modelos: DNDC v. 9.5 (Li, 2012) y Forest-DNDC (Li *et al*., 2004), desde el año 2005 hasta el año 2030, utilizando los años 2005 a 2009 cómo corrida "spin up" con el objetivo de estabilizar parámetros de la materia orgánica del suelo. El primer modelo se utilizó para simular la dinámica del pastizal dominado por *Andropogon lateralis* tanto a cielo abierto como en el entorno del sistema SSP mientras que el segundo se utilizó para simular la dinámica de *Pinus eliotii* en la superficie destinada a SSP. Ambos modelos requieren el ingreso de datos meteorológicos, edáficos y de manejo, por lo que para el grupo de *inputs* meteorológicos se utilizaron los registros diarios de temperatura máxima, mínima y precipitaciones de las estaciones meteorológicas de Reconquista (convencional) y Goya (automática) ubicadas en un radio de 150 km desde el área de estudio. Para representar los años 2005 a 2020 se utilizaron los datos meteorológicos de esos años, mientras que la proyección entre 2021 y 2030 fue representada con los datos de los años meteorológicos 1995 a 2004, totalizando 26 años de simulación.

Los parámetros de suelo, del pastizal y de manejo utilizados como input se especifican en la Tabla 2. Los valores de suelo para densidad aparente, pH y COS surgieron de datos propios. En DNDC, los parámetros eco fisiológicos y fenológicos para *Andropogon lateralis* estuvieron basados en los trabajos de Casco *et al*. (2019). Para Forest-DNDC, en la simulación de crecimiento de *Pinus eliotii* se usaron parámetros default del modelo. En cuanto a manejo,

se consideró una tala de los árboles a los 10 años de su implantación con posterior replantación.

Tabla 2. Parámetros utilizados para los modelos DNDC y Forest-DNDC

Modelo	Módulo	Parámetro	Valor
DNDC	Suelo	pH	5,5
		Densidad aparente	1,3 g cm^{-3}
		Carbono Orgánico	0.35 %
	Pastizal	Inicio rebrote	Sept-15
		Madurez fisiológica	Ago-15
		Grados día a madurez	2000 ºC día
		Temperatura óptima de crecimiento	30 ºC
Forest-DNDC	Pino	Temperatura óptima de crecimiento	24 ºC

Para la superficie que, año a año cambió de tradicional a SSP, se consideró que el COS aportado por el pastizal disminuye un 5 % por año debido al efecto de sombreo y competencia por recursos edáficos ejercido por *Pinus eliotii*.

El secuestro de C fue calculado para los años 2010 (inicio de los sistemas SSP), 2020 (tala del primer lote incorporado a SSP) y 2030. Este secuestro se estimó a nivel de los diferentes componentes del sistema (suelo, pastizal y forestación). El C secuestrado por la biomasa de raíces se consideró como parte del componente suelo. Además, se calculó la productividad primaria neta aérea del pastizal y de los pinos. Las salidas del modelo expresados en kg C ha^{-1} se convirtieron a kg CO_2eq multiplicando por 3,67.

Balance de Carbono (C)

El balance de C fue calculado a partir de las entradas (secuestro) y salidas (emisiones incluidas en la HC) del sistema (eq. 1). No se incluyeron en el balance los reservorios o el secuestro de C en la biomasa aérea.

eq. 1: $\Delta C = HC - Csr$

donde, Δ **C** es el resultado del balance en kg CO_2eq kg PV^{-1}, HC es la huella de carbono, y Csr es el carbono secuestrado en el suelo y en las raíces.

Resultados y Discusión

Datos observados y variables explicativas

Con el objeto de caracterizar la dinámica forrajera el sitio de estudio, se caracterizaron los pulsos de producción de forraje que oscilaron entre 40 y 65 kg MS ha^{-1} d^{-1} durante los momentos de pico, y menos de 10 kg MS ha^{-1} d^{-1} para los meses de menor producción.

Componente pastizal

La producción anual del pastizal 9 a 10 tn MS ha^{-1} $año^{-1}$ se concentró en primavera, verano y otoño con tasas de acumulación promedio de 33,6; 44,36 y 30,20 kg de MS ha^{-1} $día^{-1}$ respectivamente y 8,73 kg de MS ha $día^{-1}$ para el periodo de invierno. Los principales grupos funcionales que aportan a esta biomasa forrajera son en un 94 % las *poaceas*, 2,9 % *cyperaceas*, 2,9 % *fabaceas* y el resto por otras familias. Del total de la biomasa acumulada en las *poaceas* se destaca la participación de 53% *Andropogon lateralis*, 22 % *Paspalum ssp.* (*P. notatum P. nicorae P. ionanthum P. lividum*), 18% *Axonopus ssp.* (*A. compresus y A. fissifolius*) y el 7% restante por otras especies.

La productividad del pastizal fue similar en ambos sistemas de producción, esto concuerda con lo encontrado por Pang y col. (2019a) quienes no observaron diferencias significativas entre los tratamientos de sol pleno (100% de luz solar), sombreado moderado (45% de luz solar) y sombra densa (20% de luz solar) en rendimientos forrajeros de 43 especies. Para lograr mantener la composición botánica y producción de biomasa aérea del pastizal con árboles fue necesario monitorear con ceptómetro para medir y controlar la intercepción de luz y mantener este parámetro siempre por encima del 65% mediante podas y raleos programados.

Los valores de crecimiento del árbol fueron normales para la región y podrían haber sido mayores para el caso de plantaciones de eucaliptos que podría ser otra alternativa para estos ambientes. Como aporte de CO_2 por los árboles se consideró el incremento anual de la biomasa forestal, para el 2020 se le resto lo acumulado hasta el 2019 y para 2030 se descontó lo acumulado hasta el 2029 no se consideró la acumulación total durante un periodo de tiempo.

Simulación de Huella y Balance de Carbono

Los valores de HC de la actividad ganadera del presente trabajo (Tabla 3) fueron similares a los obtenidos por Arrieta *et al*. (2020) para sistemas de cría de Argentina (23,2 - 23,4 vs. 22,2 kg CO_2eq ha año^{-1}) con baja intensificación tecnológica, sin incluir el suelo.

Tabla 3. Características generales de los escenarios de simulación.

FUENTES DE EMISIÓN	BASE (2010)	ACTUAL (2020)	FUTURO (2030)
Pre-cadena (kg CO_2eq ha año^{-1})	4,53	4,53	4,53
Ganadería (kg CO_2eq ha año^{-1})	1.837,40	1.828,00	1.816,00
Forestal (kg CO_2eq ha año^{-1})	0	6,67	27,94
Uso de energía fósil (kg CO_2eq ha año^{-1})	3,67	38,98	68,98
Total, GEI sistema (kg CO_2eq ha año^{-1})	1.845,90	1.878,10	1.917,55
Huella de carbono (kg CO_2eq kg PV^{-1})	**23,3**	**23,71**	**24,21**
SECUESTRO DE CARBONO (Csr)			
Suelo + raíces (kg CO_2eq ha año^{-1})	113,49	1.361	2.951
Suelo + raíces (kg CO_2 kg PV^{-1})	1,43	17,18	31,16
BALANCE de C, ΔC (kg CO_2eq kg PV^{-1})	**21,85**	**6,06**	**-7,80**
CARBONO RETENIDO ADICIONAL			
Árboles (kg CO_2eq ha año^{-1})*	0	4.800,09	8.587,85
Pastizal (kg CO_2eq ha año^{-1})**	2.144,50	2.117,10	2.467,70

**Incremento medio anual de CO_2 por los árboles sobre la superficie total, ** Calculado usando DNDC (ver materiales y métodos)*

En la Tabla 3 se presentó **Δ C** considerando el secuestro y las emisiones de C sólo con 25 % de cambio de uso del suelo de pastizal a SSP con pastizal. Con el 25% de la superficie útil transformada en silvopastoril, en 20 años se lograría mejorar el balance de 21,85 a -7,80 kg CO_2eq kg PV^{-1}. Este resultado representa pasar de 1.385,93 tn CO_2eq emitidas en el establecimiento para el año 2010 a – 826,76 tn CO_{2eq}, resultando en un balance negativo que indica un secuestro neto de C para 2030. Por lo tanto, en base a los resultados obtenidos, queda demostrado que, en el caso de la ganadería, es importante incluir al suelo en el **Δ C**, dado que una gran parte del C emitido se secuestra en este sumidero, principalmente a través de las raíces que gradualmente van pasando a formar parte de la biomasa del suelo. La implementación de SSP es una forma de crear y mejorar dichos sumideros de C en la biósfera (Peri *et al*., 2018). El resultado de la integración de sistemas como sistemas

silvopastoriles presentan en general menor emisión neta de C, o lo que es lo mismo son sistemas bajos en C (Torres, 2017).

Entre los componentes del sistema se establecen relaciones e interacciones que deben ser entendidas y consideradas al analizar el sistema en su conjunto. En estos sistemas se reconocen fundamentalmente un componente animal, un componente forestal y un componente herbáceo, debiendo ser consideradas las características productivas de cada uno de ellos y en forma especial las interacciones bióticas que se establecen a lo largo de los ciclos.

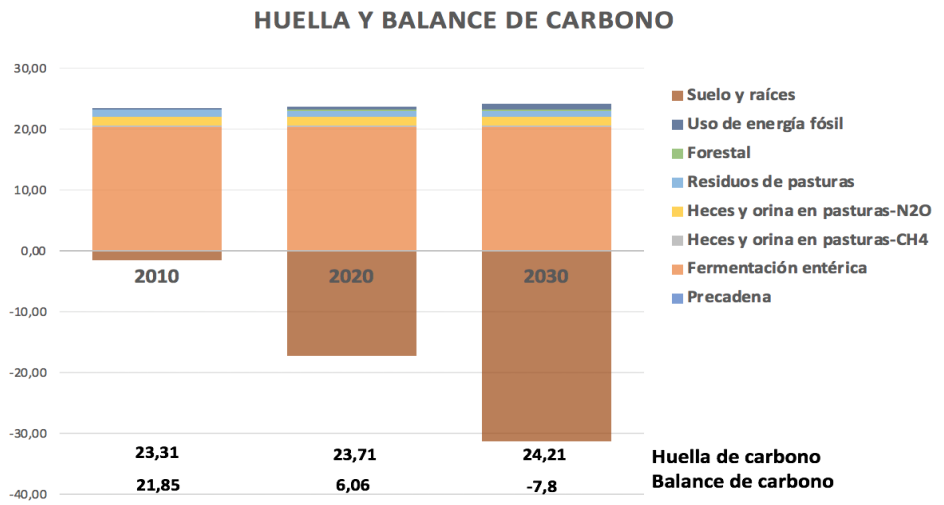


Figura 1. Huella de carbono y balance de carbono de un sistema pastoril en transición a SSP (base año 2010-presente año 2020 -futuro año 2030).

Tendencias del Balance de C

La transformación progresiva de un sistema de cría basado en pastizales como principal fuente de alimentación a sistema silvopastoril afectó de manera positiva el balance neto de C (Fig.1), mejorando este indicador global hacia el escenario de 2030 (Tabla 3). Esta mejora está explicada en primer lugar por el secuestro de C en el componente suelo, dónde el C se almacena tanto en las raíces del pastizal como en las raíces de los pinos, pasando gradualmente a formar parte del COS (Kumar *et al*., 2006). Esto es consistente con las observaciones de Terrer *et al*. (2021), quienes sugieren que el COS tiene un rol fundamental como reservorio de C, principalmente el que resulta de las raíces de los pastizales, y que, además las proyecciones de COS deben ser revisadas tanto en el horizonte temporal como en la dimensión espacial.

El secuestro de C en las raíces depende de las fluctuaciones de la biomasa aérea, la cual a su vez es enteramente dependiente de la dinámica interanual de radiación solar, precipitaciones y temperatura, la cual también afectará la tasa de degradación de raíces y materia orgánica orgánicaTerrer *et al*. (2021). Los resultados de datos medidos de producción de forraje son consistentes con esta premisa, la cual fue capturada por el modelo DNDC para simular la variación interanual de producción de raíces y COS en el componente pastizal. En cuanto al componente bosque implantado, los datos de ramas y raíces por árbol de la Tabla 3 revelan una tendencia creciente esperable de la MS y por lo tanto del C en dichos órganos, tendencia que también se reflejó en los resultados de la simulación con Forest-DNDC (Tabla 3). Consecuentemente, el sistema SSP tiene un balance de C que compensa ampliamente las emisiones de la actividad ganadera antes de llegar a 2030.

Según Chen *et al*. (2020), la captura de CO_2 en suelos después de una plantación forestal varía con las zonas climáticas y el uso previo de la tierra, mientras que las especies forestales tienen un efecto menor. La edad de la plantación es otro factor que probablemente modifique las existencias de C en suelo, aunque los resultados reportados son contradictorios. Algunos estudios indican un aumento significativo en el contenido de COS con la edad de la plantación (Paul *et al*., 2002; Peichl y Arain, 2006). Hooker y Compton (2003) encontraron un aumento en el contenido de C orgánico en la primera década después de la plantación, mientras que otros autores han detectado incrementos en los primeros años y una posterior disminución (García, 2010; Du *et al*., 2015). Chen *et al*. (2020) afirman que durante los primeros 10 años o menos, estos ecosistemas son generalmente fuentes de C débiles o neutrales.

López-Santiago *et al*. (2019) compararon el almacenamiento de C de un sistema de pastoreo silvopastoril de *Leucaena leucocephala* y *Megathyrsus maximus* con los de un bosque tropical caducifolio y un monocultivo de pastos en México. Los autores estimaron la biomasa aérea y radicular con modelos alométricos y midieron el COS hasta 30 cm de profundidad. Según estos autores, los sitios de bosque y silvopastoreo registraron mayor biomasa aérea que la pradera y se estimó la mayor biomasa de raíces para el tratamiento de silvopastoreo. En comparación con los otros dos sistemas, el bosque tenía la fracción de COS más alta en todas las profundidades investigadas. En general, los autores concluyeron que el almacenamiento global de C fue el más bajo para el monocultivo de pastos y el más alto para el sistema silvopastoril. De manera similar a nuestro trabajo, Aryal *et al*. (2019) en México y Olaya-Montes (2020) en Colombia observaron un mayor

potencial de almacenamiento de carbono para el sistema silvopastoril en comparación con los pastos abiertos.

Conclusiones

El balance de C de un sistema de cría bovina en pastizales como principal fuente de alimentación, transformando apenas el 25% de la superficie a SSP mediante la incorporación de árboles, se logró mejorar hasta valores negativos. La incorporación de los árboles con un manejo adecuado bajo el concepto de sistemas silvopastoriles permite producir carne C cero e inclusive permitiría tener C a favor por el mayor secuestro generado. Los sistemas silvopastoriles son una alternativa de la forestación donde la integración de los sistemas podría generar un equilibrio de productos, buena producción de pasto, de carne y de madera con atención en los servicios ecosistémicos como el C, como así también en la situación financiera de los productores y empresas a fines de las actividades productivas, donde el impacto positivo es en lo social a través de la generación de mas fuentes de trabajo para la región.

Agradecimientos

Agradecemos al Señor la oportunidad de trabajar en equipo para construir conocimiento y a quiénes nos han motivado para iniciar el análisis. Este trabajo ha sido realizado en el marco del Programa Forestal del INTA y del Proyecto Especifico-E1-I015-001 Sistemas Silvopastoriles integrados hacia un manejo sustentable y Proyecto Disciplinario I058 del INTA Argentina "Emisiones (GEI) en los sistemas agropecuarios y forestales. Medidas de mitigación".

Bibliografía

Argentina forestal. 2019. Inventario de bosques cultivados: Corrientes incrementó a más de 516 mil hectáreas forestadas, dispone de más madera y mejor genética. https://www.argentinaforestal.com/2019/04/30/inventario-de-bosques-cultivados%E2%80%88corrientes-incremento-a-mas-de-516-mil-hectareas-forestadas-dispone-de-mas-madera-y-mejor-genetica/

Arrieta, E., Cabrol, D., Cuchiettia, A., Gonzalez, A.D. 2020. Biomass consumption and environmental footprints of beef cattle production in Argentina. Agricultural Systems 185 102944. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102944

Aryal, D.R, Gómez-González RR, Hernández-Nuriasmú R, Morales-Ruiz DE (2019) Carbon stocks and tree diversity in scattered tree silvopastoral systems in Chiapas, Mexico. Agrofor Syst. https://doi.org/10.1007/s10457-018-0310-y

INICIO
CRÉDITOS
COMITÉS
CONTENIDO
SECCIÓN I
SECCIÓN II
SECCIÓN III
SECCIÓN IV

Arrieta, E., D. A. Cabrol, A. Cuchietti, A. D. González. 2020. Biomass consumption and environmental footprints of beef cattle production in Argentina. *Agricultural Systems* 185. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102944

Batalla, I., Knudsen, M.T., Mogensen, L., del Hierro, Ó., Pinto, M., Hermansen, J.E., 2015. Carbon footprint of milk from sheep farming systems in northern Spain including soil carbon sequestration in grasslands. J. Clean. Prod. 104, 121–129.

BSI. 2008. PAS 2050:2008. Speci cation for the assessment of the life cycle green- house gas emissions of goods and services. UK: British Standards Institution (BSI).

Becoña, G.; Astigarraga, L.; Picasso, V.D. 2014. Greenhouse gas emissions of beef cow-calf grazing systems in Uruguay. Sustain. Agri. Res. 3(2), 89–105.

Carnevali, R. 1994. Fitogeografía de la provincia de Corrientes. Corrientes, INTA – Gobierno de la provincia de Corrientes. 324 p.

Casco J., Goldfarb M., Gándara F., Nuñez F. 2019. Características agronómicas de cuatro pastizales del centro norte de Corrientes-Argentina. 71 p. Ediciones INTA.

Cederberg, C., Mattsson, B. 2000. Life cycle assessment of milk production—a comparison of conventional and organic farming. J. Cleaner Prod., 8: 49-60Chen, Z., Yu, G., Wang, Q. 2020. Effects of climate and forest age on the ecosystem carbon exchange of afforestation. J. Forestry Res. 31, 365-374. https://doi.org/10.1007/s11676-019-00946-5

Chen, Z., Yu, G., Wang, Q. 2020. Effects of climate and forest age on the ecosystem carbon exchange of afforestation. J. Forestry Res. 31, 365-374. https://doi.org/10.1007/s11676-019-00946-5

Crosson, P.; Shalloo, L.; O´Brien, D.; Lanigan, G.J.; Foley, P.A.; Boland, T.M. (2011). A review of whole farm systems models of greenhouse gas emissions from beef and dairy cattle production systems. Anim. Feed Sci.Technol. 166, 29-45.

Du, H., Zeng, F., Peng, W., Wang, K., Zhang, H., Liu, L., Song, T. 2015. Carbon Storage an Eucalyptus Plantation Chronosequence in Southern China. Forests 6, 1763-1778. https://doi.org/10.3390/f6061763

Escobar, E. H.; Melgar, R.; Ligier, D.; Matteio, H. y Vallejos, O. 1996. "Mapa de suelos de la Provincia de Corrientes. 1:500.00. Área de Producción Vegetal y Recursos Naturales. EEA INTA Corrientes. 432p.

Esquivel, J., H.E. Fassola, S.M. Lacorte, L. Colcombet, E. Crechi, N. Pachas and A. Keller. 2004. Sistemas silvopastoriles - Una sólida alternativa de sustentabilidad social, económica y ambiental. 11as Jornadas técnicas forestales y ambientales - FCF, UNaM - EEA Montecarlo, INTA, 2004.

Faverin, C.; Machado, C.F. 2019. Modelación productiva, económica y de gases de efecto invernadero de sistemas típicos de cría bovina de la Pampa Deprimida. Chilean J. Agric. Sci. and Animal Science 35(1), 14-25.

Gándara, F. R.; Casco, J. F.; Goldfarb, M. C. y Correa, M. 1990. "Evaluación Agronómica de pastizales en la Región Occidental de Corrientes (Argentina). II Sitio Chavarría. Revista Argentina de Producción Animal. Vol. 10, Supl. 1, p g. 21.

Garcia, MA. 2010 Fijación de carbono en la biomasa arbórea, la necromasa y el suelo de plantaciones de Eucalyptus grandis con diferentes manejos en vertisoles de la provincia de Entre Ríos. Magister Scientiae Thesis in Agricultural Sciences, National University of Córdoba, Argentina.

Gómez J. 2019. Los sistemas agroforestales modernos: ¿qué son y cuál es su fundamento? Pp 3-5. En: Dossier Técnico Nº 99. Los Sistemas Agroforestales. Departamento deAgricultura, Pesca Ganadería y Alimentación de Cataluña. https://www.researchgate.net/publication/340538678

Hooker T.D., Compton J.E. 2003. Forest ecosystem carbon and nitrogen accumulation during the first century after agricultural abandonment. Ecol. Appl. 13, 299–313.

IPPC. 2006. Climate change, s.l.: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

IPCC. 2014. Cambio climático: Informe de síntesis. Contribución de los grupos de trabajo I, II y III al quinto. Informe de evaluación del grupo intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 157 p.

IPCC. 2019. Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. In Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use (Calvo Buendia, E., Tanabe, K., Kranjc, A., Baasansuren, J., Fukuda, M., Ngarize S., Osako, A., Pyrozhenko, Y., Shermanau, P. and Federici, S ed.). IPCC, Switzerland.Publications - IPCC-TFI (iges.or.jp)

IPCC. 2021. Cambio Climático: Bases Físicas. Informer tecnico. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/#SPM

Jose, S. (2009). "Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an over-view". Agrofor. Syst. 76, 1–10.

Li, C.S., Cui, J., Sun, G., Trettin, C., 2004. Modelling impacts of management on carbon sequestration and trace gas emissions in forested wetland ecosystems. J. Environ. Manage. 33, 176–186.

Li, H., Qiu, J.J., Wang, L.G., Xu, M.Y., Liu, Z.Q., Wang, W. 2012. Estimates of N_2O emissions and mitigation potential from a spring maize field based on DNDC model. J. Integr. Agric. 11, 2067–2078.

Lopez-Santiago JG, Casanova-Lugo F, Villanueva-López G, Díaz-Echeverría VF, Solorio-Sánchez FJ, Martínez-Zurimendi P, Aryal DR, Chay-Canul AJ (2019) Carbon storage in a silvopastoral system compared to that in a deciduous dry forest in Michoacán, Mexico. Agrofor Syst. https://doi.org/10.1007/s10457-018-0259-x

MAyDS. 2017. Plan de Acción Nacional de Bosques y Cambio Climático. República Argentina. Versión 1-2017. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Presidencia de la Nación.

Moreira Muzio, M. 2019. Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero: Argentina-2019 / Macarena Moreira Muzio; Fabián Gaioli; Sebastián Galbusera. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación.

Navarro de Rau, M.F. & Kurtz, D.B. 2019. Soils of Corrientes.In: Rubio G.; Lavado R. & Pereyra F. (eds) The Soils of Argentina. World Soils Book Series. Springer, Cham.

O'Brien, D., Capper, J.L., Garnsworthy, P.C., Grainger, C., Shalloo, L., 2014. A case study of the carbon footprint of milk from high-performing confinement and grass- based dairy farms. J. Dairy Sci. 97 (3), 1835 e 1851.

Olaya-Montes, A., Llanos-Cabrera, M.P., Cherubin, M.R., Herrera-Valencia, W., Fausto A. Ortiz-Morea, F.A., Silva-Olaya, A.M. 2020. Restoring soil carbon and chemical properties through silvopastoral adoption in the Colombian Amazon region. Land degradation and development. https://doi.org/10.1002/ldr.3832

Pang K, Van Sambeek JW, Lin C-H, Jose S, Garrett HE (2019a). Responses of legumes and grasses to non-, moderate, and dense shade in Missouri, USA. I. Forage yield and its species-level plasticity. Agrofor Syst. https://doi.org/10.1007/s10457-017-0067-8

Pravesh Kumar, Singh R., Anil Kumar Singh and Vijai Kumar. 2014.

Paul, K., Polglase, P., Nyakuengama, J., Khanna, P. 2002. Change in soil carbon following afforestation. Forest Ecol. Manag. 168 (1–3), 241-257. https://doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00740X.

Peichl, M., Arain, M.A. 2006. Above and belowground ecosystem biomass and carbon pools in an age-sequence of temperate pine plantation forests. Agric. For. Meteorol. 140 (1-4), 51–63. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2006.08.004

Peri P.L.; Banegas N.; Gasparri I.; Carranza C.; Rossner B.; Martínez Pastur G.; Cavallero L.; López D.R.; LotoD.; Fernández P.; Powel P.; LedesmaM.; Pedraza R.; Albanesi A.; Bahamonde H.; Eclesia R.P.; Piñeiro G. 2017. Carbon Sequestration in Temperate Silvopastoral Systems, Argentina. In: Integrating Landscapes: Agroforestry for Biodiversity Conservation and Food Sovereignty (F. Montagnini ed.), Advances in Agroforestry 12, Chapter 19, pp. 453-478. Springer International Publishing. ISSN 1875-1199.

Peri P. L.; Rosas, Y. M., Ladd, B.; Toledo, S.; Lasagno R.S. y Martínez G. 2018. Modelling Soil Carbon Content in South Patagonia and Evaluating Changes According to Climate, Vegetation, Desertification and Grazing.

Rearte, D. (2007). Distribución territorial de la ganadería vacuna. Programa Nacional de Carnes del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA. 12 p.

Sampedro, D., Barbera, P., Bendersky, D., Calvi, M., Cetrá, B., Flores, A., Hug, M., Pellerano, L., Pizzio, R., Rosatti, G., y Sarmiento, N. (2018). Cría Vacuna en el NEA. Ediciones INTA, Libro Digital, ISBN 978-987-521-955-7.

SENASA. 2018 Informes y estadísticas. Indicadores ganaderos. http://www.senasa.gov.ar

Terrer, C., Phillips R.P., Hungate, B.A., Rosende, J., Pett-Ridge J., Craig, M.E., K. J. van Groenigen, K.J., Keenan, T.F., Sulman, B.N., Stocker, B.D., Reich, P.B., A. F. A. Pellegrini, A.F.A., Pendall, E., Zhang, H., Evans, R.D, Carrillo, Y., Fisher, J.B., Van Sundert, K., Vicca, S. and Jackson, R.B. 2021. A trade-off between plant and soil carbon storage under elevated CO_2. *Nature*, 591: 599-603. Doi: 10.1038/s41586-021-03306-8

Torres, C.M.M.E., Jacovine, L.A.G., Nolasco de Olivera Neto, S. 2017. Greenhouse gas emissions and carbon sequestration by agroforestry systems in southeastern Brazil. Sci Rep 7, 16738. https://doi.org/10.1038/s41598-017-16821-4

Wiedmann, T. y Minx, J. 2008. A Definition of Carbon Footprint In: C. C. Pertsova, Ecological Economics Research Trends: Chapter 1, pp. 1-11, Nova Science Publishers, Hauppauge NY, USA.
https://www.novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=5999

Zhang, Y.J., P.M. Cristiano, Y.F. Zhang, P.I. Campanello, Z.H. Tan, Y.P. Zhang, K.F. Cao, G. Goldstein. 2016. Carbon Economy of Subtropical Forests. In: G. Goldstein, L. S. Santiago (Eds.). Tropical Tree Phisiology, pp 337-355. https://doi10.1007/978-3-319-27422-5_16

Zomer, R. J. 2016. Global Tree Cover and Biomass Carbon on Agricultural Land: e contribution of agroforestry to global and national carbon budgets. *Sci. Rep.* **6**, 29987

INICIO
CRÉDITOS
COMITÉS
CONTENIDO
SECCIÓN I
SECCIÓN II
SECCIÓN III
SECCIÓN IV

SECCIÓN III

INNOVADORES GANADEROS EN SISTEMAS SILVOPASTORILES, AGROSILVOPASTORILES (TESTIMONIOS DE PRODUCTORES)



Calidad nutricional de *Tithonia diversifolia* bajo distintos niveles de sombra en la provincia de Misiones, Argentina

Nutritional quality of *Tithonia diversifolia* under different levels of shade in the province of Misiones, Argentina

[1]P. A. González; M. Rogerio; R.S. Ribeiro; M. Loto; L. Colcombet; M.B. Rossner.

[1]EEA Montecarlo, INTA, Av. El Libertador 2472. Montecarlo, Misiones, Argentina.
gonzalez.paola@inta.gob.ar

Los Sistemas Silvopastoriles (SSP) son una alternativa que permite diversificar la producción en la provincia de Misiones, Argentina. El manejo de podas y raleos que se realizan en la actividad forestal, permiten el ingreso de la radiación solar favoreciendo el crecimiento de las especies forrajeras. En estos sistemas, el aumento de la productividad está dado por la combinación adecuada de las especies forrajeras y arbóreas, y el mejoramiento de la calidad de las mismas a través de la modificación de sus características debidas al sombreo. En el año 2010 fue introducida a la Argentina la especie *Tithonia diversifolia* (TD), la cual es una planta herbácea de la familia Asterácea, ampliamente conocida por sus bondades, entre ellas su utilización como especie forrajera. El equipo de INTA Misiones en conjunto con otras entidades ha estudiado diferentes variables de TD, destacándose el estudio de procedencias, la multiplicación agámica, tolerancia a heladas, respuesta agronómica al encalado y la fertilización con fósforo; productividad de biomasa bajo distintos niveles de sombra (0, 20, 40%), entre otros. En la producción de biomasa se ha observado que TD mantiene sus niveles productivos con un 40% de sombra (20501,4 Kg MS/ha), donde mostró buen desempeño y la posibilidad de ser utilizado en los SSP de la región (González *et al.*, 2017). El objetivo de este trabajo fue evaluar la calidad nutricional de TD bajo diferentes niveles de sombra simulados con franjas de malla media sombra plástica (T1: 0%, T2: 20%, T3: 40%).Los niveles de radiación incidente fueron regulados a partir del espaciamiento entre las mallas (Pachas, 2010; Rossner *et al.*, 2012). La evaluación se realizó por un período de siete cosechas; los cortes se hicieron con una frecuencia de 61 días en promedio y durante el período de crecimiento (septiembre a julio). El diseño fue en bloques completos al azar con cuatro repeticiones y tres tratamientos de sombra (0, 20 y 40%). En el perfil nutricional de la biomasa se determinaron las variables de materia seca (MS), cenizas (Cz), proteína bruta (PB) y fibra neutro detergente (FND), en el laboratorio de la Universidad Federal de São João del Rei (UFSJ). Se realizó un análisis de varianza y comparación de medias con la prueba de *Tukey,* con un nivel de significancia del 5% (*Infostat* 2010). Las variables de calidad nutricional estudiadas (MS, Cz, PB, FDN) bajo

los diferentes niveles de sombra y en las distintas cosechas, no presentaron diferencias significativas al 5%. En cuanto a los porcentajes de PB se pudo observar que osciló entre 23,54% a 14,49%, dependiendo de su estado vegetativo, éstos valores se encuentran dentro de los márgenes citados para esta especie (14,8 y 28,8%, Mahecha y Rosales, 2005). Podemos concluir que *T. diversifolia* es una especie que mantiene su calidad nutricional, bajo los diferentes niveles de sombra evaluados (0, 20, 40%), lo cual permite considerar a esta especie como una opción forrajera para ser utilizada como recurso en los SSP de la región.

Palabras clave*: forrajes, sistemas silvopastoriles, proteína.*

Abstract

Silvopastoral Systems (SPS) are an alternative that allows diversifying production in the province of Misiones, Argentina. The management of pruning and thinning that is carried out in forestry, allows the entry of solar radiation, favoring the growth of forage species. In these systems, the increase in productivity is given by the adequate combination of forage and tree species, and the improvement of their quality through the modification of their characteristics due to shading. In 2010, the species *Tithonia diversifolia* (TD) was introduced to Argentina, which is an herbaceous plant of the Asterácea family, widely known for its benefits, including its use as a forage species. The INTA Misiones team in conjunction with other entities has studied different TD variables, highlighting the study of provenances, agamic multiplication, tolerance to frost, agronomic response to liming and fertilization with phosphorus; biomass productivity under different levels of shade (0, 20, 40%), among others. In biomass production, it has been observed that TD maintains its productive levels with 40% shade (20.501,4 Kg DM per ha), where it showed good performance and the possibility of being used in the SSP of the region (González *et al*., 2017). The objective of this work was to evaluate the nutritional quality of TD under different levels of shade simulated with strips of plastic half shade mesh (T1: 0%, T2: 20%, T3: 40%). Incident radiation levels were regulated to starting from the spacing between the meshes (Pachas, 2010; Rossner *et al*., 2012). The evaluation was carried out for a period of seven harvests; the cuts were made with a frequency of 61 days on average and during the growing period (September to July). The design was in randomized complete blocks with four repetitions and three shade treatments (0, 20 and 40%). In the nutritional profile of the biomass, the variables of dry matter (DM), ash (As), crude protein (CP) and neutral detergent fiber (NDF) were determined, in the laboratory of the Federal University of São João del Rei (UFSJ). An analysis of variance and comparison of means were performed with the Tukey test, with a significance level of 5% (Infostat 2010). The variables of nutritional quality studied (DM, As, CP, NDF) under the different levels of shade and in the different harvests,

did not present significant differences at 5%. Regarding the CP percentages, it could be observed that it ranged between 23,54% to 14,49%, depending on its vegetative state, these values are within the margins mentioned for this species (14,8 and 28,8%, Mahecha and Rosales, 2005). We can conclude that *T. diversifolia* is a species that maintains its nutritional quality, under the different levels of shade evaluated (0, 20, 40%), which allows considering this species as a forage option to be used as a resource in SSP of the region.

Keywords: *forages, silvopastoral systems, protein.*

Bibliografía

Gonzalez, P., Loto, M., Rossner, M.B., Colcombet, L., Rogerio, M., Kimmich, G. 2017. Productividad de *Tithonia diversifolia* bajo distintos niveles de sombra en la provincia de Misiones, Argentina. Actas del IX Congreso Internacional de Sistemas Silvopastoriles. Manizales, Colombia.

Mahecha, L. y M. Rosales. 2005. Valor nutricional del follaje de botón de oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, en la producción animal en el trópico. Liv. Res. Rural Dev. 17(9). http://www.lrrd.org/lrrd17/9/mahe17100.htm

Pachas, N.A. 2010. *Axonopus catarinensis* y *Araquis pintoi* alternativas forrajeras en sistemas silvopastoriles de la provincia de Misiones, Argentina. Tesis presentada para optar al Título de Magíster de la Universidad Nacional de Buenos Aires; Argentina pp 142.

Rossner, M.B., Arndt, G., Kimmich, G., Lacorte, S. 2012. Radiación, fertilización e inoculación en la implantación de leguminosas forrajeras. Actas 2do Congreso Nacional Silvopastoril, Santiago del Estero.

Caracterización de Sistemas Silvopastoriles en la cuenca ganadera de Molinopampa, Zona Noroccidental del Perú

Characterization of Silvopastoral Systems in the livestock basin of Molinopampa, Northwestern Zone of Peru

H.V. Vásquez Pérez; L. Valqui Valqui; M. S. Castillo García; J. C. Alegre Orihuela; C. A. Gómez Bravo; L. G. Bobadilla Rivera; J. L. Maicelo Quintana

Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Calle Higos Urco 342, código postal 01001, Chachapoyas, Perú.
hvasquez@untrm.edu.pe

Resumen

Los productores de la región Amazonas vienen implementando Sistemas Silvopastoriles (SSP), para contrarrestar los efectos en el suelo y deterioro del ecosistema debido al manejo de una ganadería tradicional. Sin embargo, se desconocen las características productivas asociadas a estos sistemas, planteándose como objetivo caracterizar los SSP en la cuenca ganadera de Molinopampa. Se aplicaron encuestas a productores de 130 Unidades Agropecuarias, las cuales se analizaron con técnicas multivariada (conglomerados, correlación de Spearman y Análisis de Componentes Principales). El análisis de conglomerados permitió la clasificación de los productores en cinco grupos; diferenciados por el área de SSP que maneja, número de animales y producción de leche por hato ganadero. El grupo que presentó los mejores indicadores fue el cuarto: quienes se dedican a la ganadería en un 57%, cuentan con un área mayor a 6 ha, poseen más de 51 cabezas de ganado vacuno y tienen una producción de leche de 70 litros/hato/día. El análisis de componentes principales mostró correlaciones positivas entre las variables de conocimiento y capacitación, área total del terreno y diseño del sistema, especie del árbol y actividad principal, especie del árbol y diseño del sistema, preferencia del árbol y conocimiento. Las técnicas de análisis multivariado permitieron la clasificación de SSP, indicando que mientras mayor conocimiento y capacitación reciban los productores, el desarrollo de una ganadería sostenible con SSP se incrementa.

Palabras clave: *análisis multivariado, ganadería sostenible, hato ganadero, producción lechera, servicios ecosistémicos.*

Abstract

Producers in the Amazon region have been implementing Silvopastoral Systems (SPS), to counteract the effects on the soil and deterioration of the ecosystem due to the management of traditional livestock. However, the

productive characteristics associated with these systems are unknown, with the objective of characterizing the SPS in the Molinopampa cattle basin. Surveys were applied to producers from 130 Agricultural Units, which were analyzed with multivariate techniques (clusters, Spearman's correlation and Principal Component Analysis). The cluster analysis allowed the classification of the producers into five groups; differentiated by the area of SPS that manages, number of animals and milk production per cattle herd. The group that presented the best indicators was the fourth: 57% of those who are dedicated to livestock, have an area greater than 6 ha, have more than 51 head of cattle and have a milk production of 70 liters / herd /day. The principal component analysis showed positive correlations between the variables of knowledge and training, total land area and system design, tree species and main activity, tree species and system design, tree preference and knowledge. The multivariate analysis techniques allowed the classification of SPS, indicating that the more knowledge and training the producers receive, the development of sustainable livestock with SSP increases.

Keywords: *multivariate analysis, sustainable livestock, cattle herd, dairy production, ecosystem services.*

Introducción

La ganadería en la región de la Amazonía, se ha caracterizado por la aplicación de sistemas no sostenibles, manejo inadecuado de suelos y sus recursos; lo que ha generado continuos procesos de deterioro de los ecosistemas existentes. Así mismo, la presencia y actividades de las poblaciones migrantes hacia esta región han agudizado los problemas de tipo social, económico, legal y ambiental; que han conducido a una permanente deforestación, pérdida gradual de la biodiversidad y contaminación ambiental (Vásquez 2016).

Los sistemas silvopastoriles SSP se muestran como una solución a esta problemática debido a que contribuyen a la recuperación de áreas degradadas; favoreciendo así la competitividad de las cadenas de producción agropecuaria y forestal de la Amazonía, la adaptación y mitigación a los efectos del cambio climático, y a la sostenibilidad ambiental y económica de la zona (Murgueitio *et al.* 2013); además de cumplir con los compromisos asumidos en la Conferencia de las Partes COP 20, que contempla una recuperación de los suelos degradados y mejora de los recursos hídricos con el manejo silvopastoril en la Amazonía Peruana (MINAM 2015). Para esta reducción es necesario primero conocer qué SSP viene adaptándose adecuadamente y cuál es su contribución en los últimos años al sistema de manejo de la ganadería.

Al mismo tiempo, es necesario plantear trabajos de investigación que permitan revertir esta situación fomentando el uso de sistemas sostenibles de producción. A nivel internacional autores como Guapi *et al*. (2017) realizaron la tipificación de explotaciones lecheras en Ecuador, con información cuantitativa y cualitativa mediante técnicas multivariadas identificaron tres sistemas productivos lecheros, diferenciados por su nivel de eficiencia. Velázquez y Perezgrovas (2017) realizaron la caracterización de sistemas productivos de ganado bovino en México mediante un análisis multivariado, concluyendo que las actividades económico-productivas que se realizan requieren la promoción de estrategias de fortalecimiento, y un nuevo enfoque de las políticas públicas que consideren las condiciones geoecológicas y socioculturales de la región.

Al respecto, Braun *et al.* (2016) indican que los SSP son de interés para la comunidad científica en razón de la necesidad de concebirse nuevas alternativas de explotación agrícola que sean biológica, económica y ecológicamente más sustentables que los sistemas tradicionales; como el monocultivo de pastos. Además, que los SSP tienen un gran potencial en el proceso de recuperación de áreas de pasturas degradadas, por presentar una aptitud para pastos (Alejandría 2017). Por tal motivo, el presente trabajo de investigación plantea caracterizar los Sistemas Silvopastoriles de la cuenca ganadera de Molinopampa en la Zona Noroccidental del Perú.

Materiales y Métodos

La zona de intervención se ubicó en el distrito de Molinopampa de la provincia de Chachapoyas región de Amazonas, en la zona noroccidental del Perú, entre altitudes de 2300 a 2500 msnm y 06° 12’20’’ latitud sur y 77°40’06’’ longitud oeste, donde se emplean SSP en condiciones de altura (Oliva *et al.,* 2018).

La población estuvo constituida por 778 Unidades Agropecuarias (UA) que manejan ganado vacuno, quienes conforman la cuenca ganadera del distrito de Molinopampa (MINAGRI 2013); a fin de determinar la cantidad de unidades productivas. Para la aplicación de encuestas se empleó la fórmula de muestras finitas debido a que se conocía el tamaño de la población (Hernández *et al.* 2010). Se obtuvo un tamaño muestral de 130 ganaderos de UA que manejan ganado vacuno, los cuales fueron encuestados a criterio del investigador.

Las encuestas fueron dirigidas a los productores de la cuenca en estudio, tomando en consideración los siguientes procedimientos: análisis del grado de validez y confiabilidad de la encuesta, validez del instrumento y prueba

piloto; esta última consistió en la aplicación de la encuesta a los productores con el propósito de medir el grado de fluidez del instrumento para el recojo de información (González y Santacruz 2015). Posteriormente, se realizó la prueba de confiabilidad de Alfa-Cronbach (Quero 2010), se utilizó el método de varianza para las preguntas (Cronbach 1951), calculado mediante el uso de SPSS versión de prueba, teniendo como resultado, que el grado de confiabilidad de Cronbach presenta un alfa de 0,829, adecuado para su aplicación.

La encuesta constituyó la base para la caracterización del SSP, mediante el recojo de información cualitativa y cuantitativa, realizada en forma personalizada estructurada por un cuestionario de 30 preguntas abiertas y cerradas, aplicadas a 130 ganaderos, para obtener información sobre las variables sociales (conocimiento de SSP y capacitación), económicas (tenencia de tierras, área de terreno, área de terreno para crianza de ganado vacuno, actividad principal, diseño del SSP, área que posee el SSP, razas de ganado vacuno, número de cabezas de ganado que posee y vacas en producción de leche) y ambientales (especie del árbol plantado, apoyo en la siembra de árboles, motivo de la siembra de árboles, tipo de pasto que posee, especie de pasto predominante, edad del SSP, textura del suelo, color del suelo, profundidad de capa arable y dureza de suelo).

Análisis estadístico

Se realizó técnicas multivariadas como análisis de conglomerados, mediante el método de Ward y distancia de Gower para identificar y caracterizar los grupos de productores ganaderos que manejan Sistemas Silvopastoriles según factores sociales, económicos y ambientales similares (Soler *et al*. 2018). Posterior a ello, se aplicó una correlación de Spearman y se complementó con un análisis de los componentes principales (Rocha *et al.* 2016). El software empleado fue el InfoStat/Profesional versión 2018p.

Resultados y discusión

El análisis de conglomerados, permitió identificar y caracterizar la conformación de cinco grupos. Dentro del manejo que vienen realizando los productores en los Sistemas Silvopastoriles, se puede observar un primer grupo que se conforma por 23 hatos ganaderos que representan al 18% del total, el segundo grupo integrado por 45 hatos ganaderos que representan el 34%, el grupo tres con 21 hatos ganaderos que representan el 16%, el grupo cuatro con 14 hatos que representan el 11% y el grupo cinco con 27 hatos ganaderos que representan el 21% (Figura 1).

El método estadístico multivariante permitió la tipificación de los sistemas de producción SSP describiendo y analizando las diversas variables para cada unidad de estudio teniendo un mejor conocimiento de la diversidad de fincas, características productivas y sociales de los sistemas ganaderos, tal y como lo propusieron Rivera (2016) y Rocha *et al.* (2016) en sus investigaciones.

La formación de grupos para caracterizar a los hatos ganaderos que vienen manejando SSP, permitió conocer tres características que los diferencian el uno del otro, esto se corrobora con lo reportado por Vargas *et al.* (2013) quienes indican que mientras mayores grupos se formen para caracterizar a un sistema de producción se obtiene un mejor detalle de las actividades productivas que manejan los productores.

Los mejores indicadores se obtuvieron en el cuarto grupo (Figura 1); quienes reúnen a un 57% de productores que se dedican a la ganadería, el 67% posee más de seis ha como SSP, el 79% posee más de 51 cabezas de ganado vacuno, el 100% maneja SSP asociado con aliso (*Alnus acuminata* Kunth.), ciprés (*Cupressus macrocarpa* Hartw. ex Gord.), y pino (*Pinus patula* Schiede ex Schltdl. y Cham.), el 79% realizó siembra de árboles para madera y protección de la biodiversidad y el 63% tiene una producción promedio de 70 litros de leche/hato/día, siendo el grupo con un mayor porcentaje de dedicación a la ganadería como actividad principal, resultados similares a los encontrados por Oliva *et al.* (2018) quienes reportan que la ganadería es la actividad principal con un total de 56% de pobladores que se dedican a esta actividad en el distrito de Molinopampa.

Los reportes del 100% del manejo de los SSP que están asociados con la especie arbórea aliso son similares a los obtenidos por Navia *et al.* (2015) quienes afirman que el sistema tradicional predominante se caracterizó por la presencia de especies arbóreas como el aliso en arreglo de cercas vivas, especies nativas e introducidas y Oliva *et al.* (2018) quienes mencionan que el 33% tiene como actividad principal a la ganadería y agricultura, dichos productores son los que adoptan y manejan los Sistemas Silvopastoriles con aliso, haciendo más eficiente el manejo de la ganadería, en esta importante cuenca ganadera de la región Amazonas.

Seguidamente se encuentra el quinto grupo (Figura 1); que reúne a un 93% de productores que se dedican a la agricultura y ganadería, el 70% posee más de dos a tres ha como SSP, el 74% posee de 30 a 50 cabezas de ganado vacuno, el 59% maneja SSP asociado con aliso, 15% ciprés y 22% pino, el 67% realizó siembra de árboles para protección del ganado, agua y la biodiversidad y el 73% tiene una producción promedio de 50 litros de leche/hato/día.

Luego se encuentra el tercer grupo (Figura 1); que reúne a un 100% de productores que se dedican a la agricultura y ganadería, se debe a que la zona de intervención es ganadera, estos resultados son superiores a los reportados por Rodríguez *et al*. (2015) quienes indican que el 91,8% están dedicados a la ganadería de leche, indicando que es la principal actividad pecuaria de Antioquia, Colombia.

En este grupo el 67% posee de cuatro a cinco ha como SSP, el 62% maneja entre 20 a 30 cabezas de ganado vacuno, el 57% maneja SSP asociado con ciprés y pino, el 71% realizó siembra de árboles para leña y protección del ganado y el 57% tiene una producción promedio de 30 litros de leche/hato/día.

Estos grupos son los que tienen como actividad principal a la ganadería y agricultura sembrando árboles para el sombrío del ganado, conservación del agua y la biodiversidad y la producción de madera. Además, son los que tienen mayor conocimiento sobre el manejo bajo un modelo de sistema silvopastoril. Con relación a ello, Betancourt *et al.* (2005) también reportaron un tercer grupo de productores que concentran a las fincas con mayores índices productivos por año, manejan grandes áreas con sistema de manejo extensivo, con carga animal más alta, productores que conocen y practican un mayor número de técnicas silvopastoriles, debido a que reciben mayor asistencia técnica y tienen acceso a la tecnología.

El grupo con menor índice fue el segundo (Figura 1); que reúne a un 69% de los productores que se dedican a la agricultura y ganadería, el 67% tiene menos de una ha como SSP, el 91% posee menos de 10 cabezas de ganado vacuno, el 53% maneja SSP asociado con aliso, el 51% realizó la siembra de árboles para madera y leña y el 71% tiene una producción promedio de 10 litros de leche/hato/día. Al respecto Betancourt *et al.* (2005) también categorizaron a un grupo de pequeños productores con bajos índices productivos con características diferentes de manejo en el SSP.

En lo que respecta a la variable siembra de árboles para madera y leña se encontraron a un 51% de encuestados con esta característica dentro de los SSP, superando a los encontrados por Navia *et al*. (2015) quienes obtuvieron que solo un 2% de los encuestados hace uso de las especies arbóreas para madera y leña, afirmando que la siembra para el manejo, uso y dinámica del sostenimiento de la finca ha disminuido en un 36,5%.

Análisis de correlación de Spearman

Los resultados de la correlación de Spearman (Tabla 1); indican que las variables conocimiento y capacitación de los productores en SSP, presentan

una relación altamente positiva (0,702**), lo que indica que cuanto mayor capacitación recibe el productor mayor es el conocimiento que tiene para el manejo de los SSP, esto concuerda con lo manifestado por González (2007) quien manifiesta que el 76% de productores capacitados en el manejo lechero tiene un mejor manejo de la ganadería, repercutiendo en una mejor producción.

Entre las variables área y diseño del SSP se evidencia una relación positiva significativa (0,194*) (Tabla 1), lo que se traduce en el incremento del sistema productivo. Con relación a la variable especie de árbol y actividad principal tienen una correlación significativa (0,215*) (Tabla 1), esto podría deberse a que el productor para establecer un sistema de manejo ya sea en ganadería o agricultura, debe elegir la especie de árbol que se asocie con los cultivos y/o animales evitando así la competencia entre los componentes del sistema.

Con respecto a la variable preferencia del árbol para establecer un SSP tiene una correlación positiva con el conocimiento sobre SSP (0,298**), recibe capacitación y asistencia técnica (0,234**), y el área total del predio que posee (0,343**) (Tabla 1), ya que la selección del árbol para establecer un SSP está supeditada al grado de conocimiento que tiene el productor y la disponibilidad del terreno, esto se corrobora con lo manifestado por Betancourt *et al.* (2005), quienes indican que los productores que manejan SSP, tiene mejor conocimiento sobre el beneficio que trae la asociación árbol con pasturas; por lo tanto ellos adoptan este sistema rápidamente en comparación con otros productores.

Tabla 1. Matriz de correlaciones de Spearman de los Sistemas Silvopastoriles en Molinopampa.

Variables	V1	V3	V4	V6	V9	V10	V12	V13	V15	V16	V17	V20	V22	V23	V24
V1, Actividad principal	1,00														
V3, Conoce el SSP	-,064	1,00													
V4, Capacitación en SSP	-,152	,702**	1,00												
V6, Área total	-,021	,302**	,144	1,00											
V9, Diseño del SSP	,148	-,032	-,078	-,003	1,00										
V10, Área del SSP	-,024	,090	,045	,391**	,194*	1,00									
V12, Especie del árbol	,215*	-,038	-,075	,079	,084	,136	1,00								
V13, Siembra del árbol	,029	,128	,088	-,067	,153	,036	,208**	1,00							
V15, Especie de pasto	-,194*	-,036	,067	-,056	,098	-,044	,052	,051	1,00						
V16, Preferencia de árbol	-,107	,298**	,234**	,343**	,033	,091*	-,113	,008	-,027*	1,00					
V17, Edad del SSP	-,045	-,031	-,025	,117	,013	,086	,163	,163	,027	-,033	1,00				
V20, Color del Suelo	-,133	,114	,183*	-,039	-,026	,161	-,079	,086	-,048	,219*	-,141	1,00			
V22, Dureza del suelo	-,026	-,051	-,003	-,294**	,027	-,103	,007	,058	,079	-,136*	-,063	,241**	1,00		
V23, Raza de ganado	,001	,011	,049	-,071	,099	-,057	,029	,090	,207*	-,039**	-,000	-,115	-,056	1,00	
V24, N° cabezas de ganado	-,017	,310**	,257**	,642**	-,061	,281**	,087	,121	-,105	,512**	-,010	,098	-,098	,052	1,00

*p<0,05; **p; correcciones sin (*) no fueron estadísticamente significativas; V: variable

Por otro lado en la Tabla 1, se observa que la variable preferencia de árbol y la especie de pasto se correlacionan negativamente (-0,027*); señalando que el establecimiento de los árboles bajo SSP no se encuentran asociados con las pasturas instaladas, al respecto Devendra e Ibrahim (2004) manifiestan que para instalar un SSP es necesario conocer el tipo de suelo para seleccionar el árbol y asociar con una pastura de mayor rendimiento de forraje ejerciendo un efecto positivo sobre el rendimiento animal.

Otro aspecto interesante se encuentra en la variable dureza del suelo con la preferencia de árbol para instalar un SSP, con una correlación negativa significativa (-0,136*) (Tabla 1), lo cual podría deberse a que para la instalación del árbol no se tomó en cuenta la estructura y la dureza del suelo, generando un menor crecimiento de los árboles en los SSP, al respecto Rivera *et al.* (2016) indican que los productores que manejan una carga animal excesiva provocan una compactación del suelo trayendo consigo problemas en el crecimiento del árbol y las pasturas, por lo tanto se debe regular este manejo.

Por otro lado, la variable dureza y color del suelo tienen una correlación positiva altamente significativa (0,241**) (Tabla 1), lo que indica que la coloración determina la dureza del suelo; es decir, la coloración marrón oscuro representa un suelo suelto y la coloración amarillo o gris indica un suelo degradado. Con referencia a esto, Noguera y Vélez (2011) indican que el contenido de materia orgánica en el suelo representa una coloración oscura como indicador de fertilidad permitiendo un crecimiento adecuado de las plantas que se sirven de ella, evitando la compactación del suelo.

En lo referido a las variables raza del ganado y especie de pasto que predomina en el predio, tuvieron una correlación positiva significativa (0,207*) (Tabla 1), lo que indica que el productor para el manejo del ganado bajo SSP toma en cuenta el tipo de pastura instalada; a fin de seleccionar la raza del ganado especializada en leche o carne, mejorando de esta manera la producción por unidad de superficie, esto es corroborado por Betancourt *et al.* (2005) quienes indican que la presencia del ganado y los árboles en los SSP contribuyen a que el sistema de manejo y reciclaje de nutrientes se incremente permitiendo que las pasturas tengan un crecimiento adecuado y se transforme en mayor carne o leche para el productor.

Por otro lado, en la Tabla 1 se presenta la correlación negativa altamente significativa (-0,039**) entre la variable raza del ganado y la preferencia del árbol para establecer un SSP, lo que demuestra que el productor instala sus árboles bajo un SSP sin considerar la raza del ganado, ya que esto no afecta al sistema de producción.

La variable número de cabezas de ganado vacuno, presenta una correlación positiva altamente significativa con el conocimiento en SSP (0,310**), capacitación y asistencia técnica (0,257**), y preferencia del árbol (0,512**) tal como se muestra en la Tabla 1, esto puede deberse a que el productor tiene mayor capacidad para la toma de decisiones en el manejo de los SSP, pudiendo seleccionar el tipo de árbol de acuerdo al número de animales a establecer en su hato ganadero, utilizando especies maderables o arbustivas que ayuden a complementar el sistema de manejo que viene desarrollando. Al respecto, Díaz (2012) y Gonzáles (2007), indican que los productores que tienen un mayor conocimiento sobre el desarrollo de la ganadería, evalúan permanentemente el número de animales por capacidad de producción de las pasturas maximizando la producción por unidad de superficie, obteniendo mejores ingresos en la ganadería.

Análisis de componentes principales (ACP).

En el primer componente se explica el 16,1% de la variación total de los SPP donde las variables que están más relacionadas y cargadas positivamente son: número de cabezas de ganado, área y conocimiento del SSP (Figura 2), concordando con lo reportado por Guapi *et al. (*2017) quienes mencionan que la carga animal y el manejo de pasturas mejoradas, explican mejor el comportamiento de producción de los sistemas de producción de leche en la caracterización de sistemas productivos lecheros en Ecuador.

Según Guapi *et al.* (2017) el tamaño de las fincas ganaderas dependerá del área total, unidad animal y producción/mano de obra, en el presente estudio se encontró en el segundo componte principal, (explicación del 12,3% de la variación total), que las variables que se cargan con altos valores positivamente son especie del árbol, actividad principal y Edad del SSP siendo estas quienes aportan y están relacionadas con el manejo de los SSP.

La Figura 2 muestra una relación positiva altamente significativa entre las variables número de cabezas de ganado vacuno con el área del SSP (0,281**) y área total del terreno (0,642**); esto podría deberse, a que el productor cuanto mayor área dispone, puede establecer una carga animal adecuada considerando la producción de pasturas por unidad de superficie asociada con árboles que brinden el beneficio al sistema, a fin de obtener una mejor productividad de leche en el hato ganadero; Velázquez y Perezgrovas (2017) mencionan que la mayoría de los predios de la región estudiada, tienen una vocación pecuaria agrícola y esta a su vez se dedica a la producción de crías, considerando una densidad bovina congruente con la capacidad de las unidades experimentales, habiendo un interés y mejora efectiva en la producción de pastos con el propósito de sostener la capacidad de carga adecuada.

Se observó una relación positiva significativa entre las variables color del suelo y la preferencia de árbol para establecer un SSP (0,219*), esto puede ser un indicador de que existe relación directa entre el color del suelo y el árbol, mostrando que el productor antes de seleccionar un tipo de árbol observa primero el color del suelo, de la misma manera Velázquez y Perezgrovas (2017) mencionan que se tienen que tener en cuenta el uso y características del suelo para las actividades productivas de agricultura y ganadería, ya que de ello dependerá la mejora de pastizales permitiendo un crecimiento en mejora del sistema de producción que viene realizando.

Con relación a la variable área del SSP con el área total del terreno, indicaron una relación positiva altamente significativa (0,391**) esto puede deberse, a que cuanto mayor área posee el productor la instalación del SSP se incrementa, utilizando varios diseños silvopastoriles y mejora en la calidad de pastos (Velázquez y Perezgrovas, 2017).

Otro aspecto interesante, que se observó en la variable edad del SSP es que tiene una correlación positiva con la especie de árbol establecido en el SSP (0,163), es decir, los SSP de menor edad son los que se encuentran conformado por especies de rápido crecimiento como el aliso y los SSP de mayor edad que lo conforman especies de crecimiento lento como la pona.
La variable edad del SSP tuvo una relación positiva con la siembra de árbol (0,163), lo que puede deberse al uso que se le pretenda dar al mismo, por lo que el productor dependiendo de su necesidad puede optar por especies de rápido crecimiento para obtener madera o leña.

La variable dureza del suelo se correlacionó negativamente con el área total del terreno (-0,294**), esto posiblemente se debe a que el manejo que viene realizando el productor no es el adecuado, causando el deterioro de los suelos y la disminución de su producción, forzando a que amplíe su frontera agrícola extendiendo su área de terreno.

Conclusiones

El análisis multivariado de conglomerados permitió realizar la caracterización de los productores que manejan Sistemas Silvopastoriles en cinco grupos, siendo tres las variables diferenciadoras: área del SSP que maneja, el número de animales y la producción diaria de leche por hato ganadero. El grupo que presentó los mejores indicadores fue el grupo IV; presentando características como dedicación exclusiva a la ganadería, con un área de SSP establecido mayor a 6 ha, más de 51 cabezas de ganado vacuno y una producción diaria de leche de 70 litros/hato/día.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM) y al Instituto Nacional de Innovación Agraria, quienes a través del proyecto "Innovación en la evaluación de SSP de Selva Alta Peruana como estrategia de adaptación y mitigación al cambio climático", mediante contrato N° 010-2015 INIA-PNIA/ UPMSI/IE, brindaron el financiamiento al presente trabajo de investigación.

Bibliografía

Alejandría, C. J., 2017. Instalación de un sistema silvopastoril. https://es.scribd.com/document/351391627/Instlacion-de-Un-Sistema-Silvo-Pastorial [15 de junio de 2019].

Betancourt, K., Ibrahim, M., Vargas, B., y Villanueva, C. 2005. Caracterización del manejo productivo de sistemas lecheros en la cuenca del río Bulbul de Matiguás, Matagalpa, Nicaragua. Livestock Research for Rural Development 17(7): 1–11.

Braun, A., Van Dijk, S., y Grulke, M., 2016. Incremento de los Sistemas Silvopastoriles en América del Sur. https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Incremento-de-los-Sistemas-Silvopastoriles-en-America-del-Sur.pdf.[18 octubre 2018].

Cronbach, L. 1951. Coefficient alpha and the internal structure of tests. Psychometrika Vol 16(3), 297–334p. https://doi.org/10.1007/BF02310555.

Devendra, C., e Ibrahim, M., 2004. Silvopastoral Systems as a Strategy for Diversification and Productivity Enhancement from Livestock in the Tropics. https://pdfs.semanticscholar.org/c27e/6245771efa7b0062b88b6b0477c243de2e94.pdf?_ga=2.118932937.1142338067.1575343869-1550056829.1575343869 [06 junio 2019].

Díaz, C., 2012. Caracterización y tipificación de sistemas productivos de leche bovina, en la zona central de Chile, mediante análisis multivariable. Tesis de Magister en ciencias mención Producción Animal. Universidad Austral de Chile, Chile.

González, J. A., 2007. Caracterización y tipificación de sistemas productivos de leche en la décima región de Chile: un análisis multivariable. Tesis para optar el grado de Licenciado en Ingeniería en Alimentos. Universidad Austral de Chile, Chile.

González, J., y Santacruz, M., (2015). Cálculo e interpretación del Alfa de Cronbach para el caso de validación de la consistencia interna de un cuestionario, con dos posibles escalas tipo Likert. Revista Publicando 2(1): 62–77.

Guapi, R., Masaquiza, D., y Curbelo, L., (2017). Caracterización de sistemas productivos lecheros en condiciones de montaña, Parroquia Químiag, Provincia Chimborazo, Ecuador. Revista Produción Animal 29(2): 14-24.

Hernández, R., Fernandez, C., y Baptista, M. del P., 2010. Metodología de la investigación, MgGraw Hill Educación, México D.F., p 170-183.

MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego)., 2013. Resultados definitivos, IV Censo Nacional Agropecuario - 2012. Lima. https://www.agrorural.gob.pe/dmdocuments/resultados.pdf [18 junio 2019].

MINAM (Ministerio del Ambiente). 2015. Estrategia Nacional ante el Cambio Climático. Lima. http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2015/09/ENCC-FINAL-250915-web.pdf [18 junio 2019].

Murgueitio, E., Chara, J., Solarte, A., Uribe, F., Zapata, C., y Rivera, J., 2013. Agroforestería Pecuaria y Sistemas Silvopastoriles Intensivos (SSPi) para la adaptación ganadera al

cambio climatico son sostenibilidad. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 26, 313–316.

Navia, J., Muñoz, D., y Solarte J., 2015. Caracterización biofísica y socioeconómica de fincas ganaderas de leche en el municipio de Guachucal, Nariño. Temas agrarios Vol 20(1), 113-229p. https://doi.org/10.21897/rta.v20i1.753.

Noguera, M., y Vélez, J. 2011. Evaluación de algunas propiedades físicas del suelo en diferentes usos. Revista de Ciencias Agrícolas, 28(1): 40–52.

Quero, M., 2010. Confiabilidad y coeficiente Alpha de Cronbach. Telos Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales, 12(2): 248–252.

Rivera, S., Mora, J., y Rodriguez, M., 2016. Técnicas de estadística multivariada para la tipificación de sistemas de producción pecuarios. Revista Tumbaga, 1(11): 1-19.

Oliva, S., Leiva, S., Collazos, R., Vigo, C. y Maicelo, J., 2018. Factores que influyen en la adopción de tecnologías silvopastoriles con la especie nativa *Alnus acuminata* (aliso). Agrociencia Uruguay Vol 22(2), 1-9 p. http://dx.doi.org/10.31285/agro.22.2.9.

Rocha, C., Mora, J., y Romero, J. C., 2016. Tipología de sistemas de producción en la zona rural del municipio de Ibagué, Colombia. Agronomía Mesoamericana Vol 27(2), 253-264p. https://doi.org/10.15517/am.v27i2.24360.

Rodríguez, H., Ramirez, C., y Restrepo, F. 2015. Factores que influencian la adopción de tecnología de gestión en producción lechera. Temas agrarios 20 (1): 34-44.

Soler, R., Peri, P. L, Bahamonde, H., Gargaglione, V., Ormaechea, S., Huertas, A. Sánchez, L., Lorenzo, C., Martínez, G., 2018. Evaluación de la producción de conocimiento para sistemas agrosilvopastorales en América del Sur. Rangeland Ecology & Management Vol 71(5), 637-645p. https://doi.org/10.1016/j.rama.2017.12.006.

Vargas, B., Solís, S., Sáenz, F., y León, H., 2013. Caracterización y clasificación de hatos lecheros en Costa Rica, Mediante análisis multivariado. Agronomía Mesoamericana 24(2): 257–275.

Vásquez, H. 2016. Influencia de factores socioeconómicos en la adopción de tecnologías para el mejoramiento genético de ganado vacuno, Distrito Florida, Amazonas, Perú. Tesis de Maestría en Innovación Agraria para el Desarrollo Rural, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.

Velázquez, J. y Perezgrovas, R., 2017. Caracterización de sistemas productivos de Ganado bovino en la región indígena XIV Tulijá-Tseltal-Chol, Chiapas, México. Revista Agrociencia 51: 285-297.

Figuras

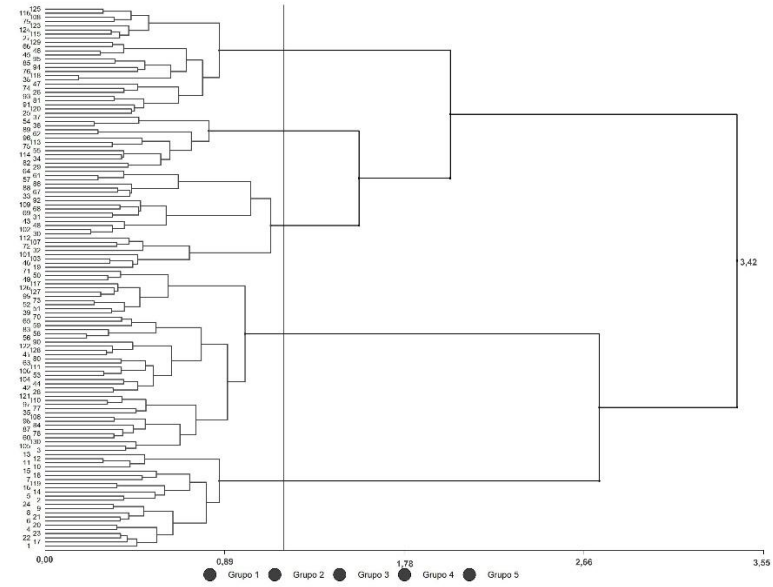


Figura 1. Dendograma del análisis de clúster con el método de Ward (3,42:5 grupos) para 130 hatos de Sistemas Silvopastoriles en el distrito de Molinopampa.

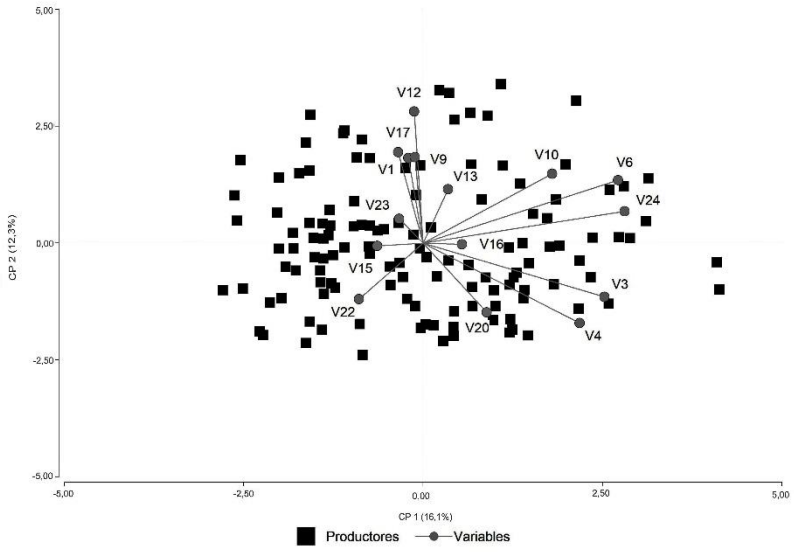


Figura 2. Biplot de las principales variables correlacionadas, donde V1: Actividad principal; V3: Conoce el SPP; V4: Capacitación en SPP; V6: Área total; V9: Diseño del SPP; V10: Área del SSP; V12: Especie del árbol; V13: Siembra del árbol: V15: Especie de pasto; V16: Preferencia de árbol; V17: Edad del SSP; V20: Color del suelo; V22: Dureza del suelo; V23: Raza del ganado y V24: N° de cabezas de ganado.

Aporte al conocimiento sobre germinación, producción de semilla y establecimiento por semilla gámica de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray en Cuba

Contribution to knowledge on germination, seed production and establishment by gamic seed of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray in Cuba

Padilla Corrales, C.; Rodríguez García, I.; Ruiz Vázquez, T E.; Medina Mesa, Y.; Herrera Villafranca, M., Báez Quiñones, N

Instituto de Ciencia Animal, (ICA).
Carretera. Central km. 47 ½, A. Postal 24, San José de las Lajas C. P. 32700, Mayabeque, Cuba. e-mail: cpadilla@ica.co.cu

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo divulgar los aportes al conocimiento en la producción y establecimiento de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. en Cuba por semilla gámica. Se informan los resultados de germinación y las vías para incrementar esta a través de la conservación de la semilla, tipos sustratos y su comportamiento en condiciones de laboratorio y vivero. Se demuestra que se pueden alcanzar porcentajes de germinación entre 50 y 90% cuando las semillas se cosechan en el momento óptimo y se aplican tratamientos que favorecen la viabilidad y germinación. El manejo agronómico integral permitió definir el mejor momento de cosecha y los efectos de diferentes prácticas que permiten la aparición de flujos uniformes de floración y obtener rendimientos del orden de 20-30 kg de semilla pura germinable (SPG) ha^{-1}. Se discuten e informan resultados sobre la posibilidad real de lograr establecimientos satisfactorios y producción de biomasa aceptable cuando se emplean diferentes prácticas de protección de la semilla gámica con residuos vegetales y orgánicos (arropes). Se demuestran las ventajas de la utilización de semilla gámica con relación a las plantaciones en bolsas y estacas de acuerdo a las poblaciones (10,55 vs 10,88 y 5,88 tallos m^{-2}) y los rendimientos (11,68 vs 9,48 y 9.92 t MS ha^{-1}) obtenidos respectivamente, en el corte de establecimiento. Se concluye que los avances logrados permiten potenciar la producción de semillas y el establecimiento alcanzando una mayor introducción y generalización de esta especie con impacto económico y ambiental en los agrosistemas ganadero.

Palabras clave: *Germinación; reproducción gámica; establecimiento; producción de semilla y forraje.*

Abstract

The present work aims to disseminate the contributions to knowledge in the production and establishment of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. in Cuba by gamic seed. The results of germination and the ways to increase this through the conservation of the seed, types of substrates and their behavior in laboratory and nursery conditions are reported. It is shown that germination percentages between 50 and 90% can be achieved when the seeds they are harvested at the optimum moment and treatments are applied that favor viability and germination. The integral agronomic management allowed to define the best harvest time and the effects of different practices that allow the appearance of uniform flowering flows and obtain yields of the order of 20-30 kg of SPG ha^{-1}. Results are discussed and reported on the real possibility of achieving satisfactory establishments and acceptable biomass production when different practices are used to protect gamic seeds with plant and organic residues (arropes). The advantages of the use of gamic seed are demonstrated in relation to the plantations in bags and stakes according to the populations (10.55 *vs* 10.88 and 5.88 stems m-2) and the yields (11.68 *vs* 9.48 and 9.92 t DM ha^{-1}) obtained respectively, in the establishment cut. It is concluded that the advances made allow to enhance the production of seeds and the establishment, achieving a greater introduction and generalization of this species with economic and environmental impact in livestock agrosystems.

Keywords: *Germination; gamic reproduction; establishment; seed and forage production.*

Introducción

El documento que se pone a su consideración es fruto de una secuencia experimental de 12 experimentos con un enfoque integral y multidisciplinario, que logran por primera vez integrar en una tecnología exitosa de producción de semilla con la siembra y establecimiento de esta planta por vía gámica y presenta una nueva alternativa para la propagación de esta especie que da repuesta a un gran reto para la comunidad científica de lograr una tecnología exitosa para la producción de semilla, la siembra y establecimiento de esta planta por vía gámica(sexual) y presenta una nueva alternativa para resolver la problemática a la principal limitante para la expansión de los sistemas silvopastoriles con botón de oro como arbusto para corte o ramoneo que hoy se plantan por semilla vegetativa.

El objetivo del presente trabajo es poner en manos de la comunidad científica, productiva y directivos los resultados alcanzados en Cuba en la caracterización fenológica de la estructura reproductiva, incremento de la germinación, conservación de semillas, así como en la producción de semilla,

siembra y establecimiento por vía gámica de 5 materiales vegetales destacados para uso en la producción de forraje o pastoreo

Materiales y métodos generales

Las investigaciones se realizaron en laboratorio de semillas del departamento de Pastos y Forrajes y en el Centro Experimental de Pastos y Forrajes "Miguel Sistachs Naya" del Instituto de Ciencia Animal, ubicada en el municipio de San José de las Lajas, actual provincia de Mayabeque, Cuba, situada a lo 23°55 LN y a los 82°00 LW a 92 msnm. El tipo de suelo es el Ferrálico Rojo Éutrico, de rápida desecación, arcilloso y profundo sobre calizas (Hernández *et al.,* 2015).

Procedimientos comunes

Porcentaje de germinación: se evaluó mediante prueba de germinación, poniendo 100 semillas llenas por placa de Petri y cuatro réplicas como lo indica la norma del International Seed Testing Association (2015). Se utilizó un sustrato de algodón que se humedecía con agua destilada o tierra esterilizada Las placas para la germinación se colocaron bajo las condiciones del laboratorio a temperatura ambiente (26-28 °C) y luz natural. La germinación se midió para intervalos de 0-5,6-10,11-15,16-20.21-25 y 26-30 días o a intervalos de 0-10,11-20 y 21-30 día según el objetivo del estudio

Producción de semilla

Las investigaciones para definir el mejor momento de cosecha (Padilla *et al.,*2018; Padilla *et al. ,*2020) se desarrollaron partiendo del conocimiento del desarrollo morfológico y fenológico de la flor como un indicador del proceso de formación y maduración fisiológica de las semillas (aquenios). El mejor momento de cosecha de la semilla se evaluó clasificando las estructuras reproductivas en los diferentes estadios de su madurez fisiológica. Los tratamientos fueron los diferentes momentos evaluados (días 0, 4, 8, 12, 16 y 20) después de haber iniciada la floración masiva (definida como el momento cuando del total de tallos con presencia de inflorescencias la mitad presentaba flores y botones, mientras que la otra mitad estaba en la fase semillas (cabezuelas con brácteas verdes y pétalos marchitos, cabezuelas con brácteas verdes y corolas amarillas, cabezuelas con brácteas verdes y corolas de color marrón y cabezuelas con brácteas y pedúnculos secos, color marrón). La cosecha se realizó según el desarrolló fenológico de las cabezuelas que producen semillas. Los materiales vegetales evaluados fueron el 10 y 16. Definido el mejor momento de cosecha y siguiendo la secuencia experimental planificada se proyectó un nuevo experimento. Durante un período de tres años se evaluó el efecto del momento de corte (mayo-julio-septiembre) en la emisión de hijos fértiles y producción de semilla

gámica(sexual) de cuatro materiales destacados (3,10, 16 y 23) de *T. diversifolia.*

Siembra y establecimiento

Preparación de suelo y siembra: La labranza consistió en preparación convencional del suelo, consistente en aradura y cruce con pase de grada media alterna. La siembra por semilla gámica se realizó, en surcos de 10cm y las estacas y bolsas 20 cm de profundidad separados a 80 cm. entre hileras para la producción de biomasa y 140 cm para la producción de semilla. Se sembraron 5 o 10 semillas golpes^{-1} para forraje y semilla respectivamente.

En los experimentos donde se compararon las siembras por semilla gámica directa al suelo, siembra en bolsa y luego trasplante al campo, y plantación tradicional/estacas, se garantizó el mismo número de yemas de los tallos que de las semillas sembradas en las bolsas y directamente en el suelo por parcela, lo que permitió evaluar el porcentaje de germinación de los tratamientos

Riego y fertilización: Solo se empleó riegos ligeros por aspersión en dos experimentos que fueron sembrados y establecidos en el periodo poco lluvioso por semilla gámica durante los 30 días posteriores a la siembra a intervalos de 3-4 días para garantizar la germinación y sobrevivencia de las jóvenes plántulas. En todos los casos se realizó fertilización de mantenimiento con fórmula completa 9-13-17 de forma localizada a razón de 250 kg ha^{-1}año^{-1}.

Procesamiento de la información: Para las variables de conteo y expresada en porcientos se aplicó la metodología propuesta por Herrera *et al*., (2015) se verificaron los supuestos teóricos del ANOVA a partir de las dócimas de Shapiro-Wilk (1965) para la normalidad de los errores y la dócima de Levene (1960) para la homogeneidad de varianza, las variables analizadas cumplieron dichos supuestos, por lo que se realizó para todas las variables análisis de varianza, según diseño de bloque al azar. Para conocer la relación entre las variables semillas puras germinables/ha por ha y semillas llenas/ha, se realizó análisis de regresión lineal simple. Los datos se procesaron en el paquete estadístico InfoStat versión 2012 (Di Rienzo *et al*., 2012).

Resultados y discusión

I. Caracterización fenológica de la estructura reproductiva e incremento de la germinación.

Las investigaciones dirigidas a propiciar una adecuada producción de semilla comercial de esta planta obligan a ampliar el conocimiento biológico de la inflorescencia y la formación del aquenio. En este sentido la caracterización botánica de las inflorescencias de *T. diversifolia* ha sido abordado por diferentes autores (Wang *et al.,* 2008; Pérez *et al*., 2009; González-Castillo, 2014; Saveedra, 2016; Mattar, 2019) y más recientemente por Santos-Gally *et al.,* (2020) sobre el heteromorfismo presente en las cabezuelas de *T. diversifolia*, el cual se caracteriza principalmente por diferencias entre aquenios centrales y periféricos, pudiera representar una estrategia de esta especie para adaptarse a las condiciones ambientales inciertas.

En cuanto caracterización fenológica de la estructura reproductiva e incremento de la germinación en Cuba se estudió y definió la importancia de los cambios fenológicos y morfológicos que se producen en las cabezuelas en el tiempo, que inciden en el desarrollo y formación de las semillas (aquenios), lo que propició nuevos conocimientos que incidieron positivamente en definir el mejor momento de cosecha en campo y precisar el instante donde de acuerdo al desarrollo fenológico de las cabezuelas existen semillas formadas que germinan (Padilla *et al.,* 2018; Padilla *et al.,* 2020) en este sentido se evidenció, por primera vez, las diferencias en cuanto a la estructura floral de 5 materiales vegetales. Las cabezuelas del material 25 presentan mayor diámetro (2,97 cm) respecto a los demás materiales, sin embargo, no difiere del material 23 en cuanto al peso y porcentaje de MS de la estructura floral. La producción de semillas/cabezuelas de los 5 materiales es muy similar respecto al número total de semillas y semillas vacías /cabezuelas, Sin embargo, el material 23 presenta menor número de semillas llenas.

En Cuba en el periodo 2017-2021se desarrollaron 7 investigaciones para incrementar el porcentaje de germinación de diferentes materiales vegetales. Cuando se estudió la variabilidad de la germinación de 29 materiales vegetales se demostró que la capacidad de germinación osciló desde 5 hasta 67% y se comprobó que 14 de ellos presentaron valores superiores al 28 % (Ruiz *et al.,* 2018). Así cuando se evaluaron 3materiales para medir este indicador no se encontró diferencias entre ello y se destaca el material 25con 61 % de germinación (Rodríguez *et al.,* 2021). Otros trabajos realizados por Padilla *et al.* (2021) al evaluar la producción de semilla en los materiales 3, 10,16 y 23 durante tres años, también confirmaron la

posibilidad de lograr germinaciones entre 52 -58 % sin diferencias significativas entre ellos.

Los métodos evaluados para incrementar la germinación (efecto de temperaturas fijas, alternas y humedecimiento con agua corriente) no mostraron diferencias respecto al testigo. Los porcentajes germinación hasta los 30 días fueron elevados (76-84 %). Resultó novedoso el alto % de germinación logrado en los primeros 10 días, entre el 67 y el 75 %, además que se precisa la pobre germinación para el intervalo de 20 – 30 días. Se corroboró que las semillas de *T. diversifolia* no presentan latencia y que no es necesario extender las pruebas de germinación por más de 21 días (tabla1).

Se demostró que la semilla de *T. diversifolia* aún después de dos años de cosechada en cámara fría mantiene su germinación. Sin embargo, las semillas conservadas al ambiente mueren y pierden su viabilidad en la medida que transcurre el tiempo, como consecuencia de las temperaturas y la humedad relativa a la cual se exponen. El porciento de germinación de las semillas mostró un comportamiento muy variable entre los diferentes períodos evaluados (figura 1). El efecto de los métodos de embalaje estudiados no fue homogéneo en el tiempo, por lo que se puede utilizar cualquiera de las tres variantes (pomos plásticos, bolsas de papel y bolsas de nilón).

Tabla1. Efecto de temperaturas fijas, alternas y humedecimiento en el % de germinación a intervalos de 10 días.

Intervalos, días	Tratamientos					EE± p
	40° C	9° C	40° C -9° C	Agua	Control	
0-10	75,50	76,25	69,50	67,00	77,25	3,45 0,2056
10-20	4,25	7,25	5,50	7,75	4,00	1,16 0,1344
20-30	0,25	0,50	1,00	4,00	0,25	1,56 0,4214
total	80,00	84,00	76,00	78,75	81,50	3,50 0,5891

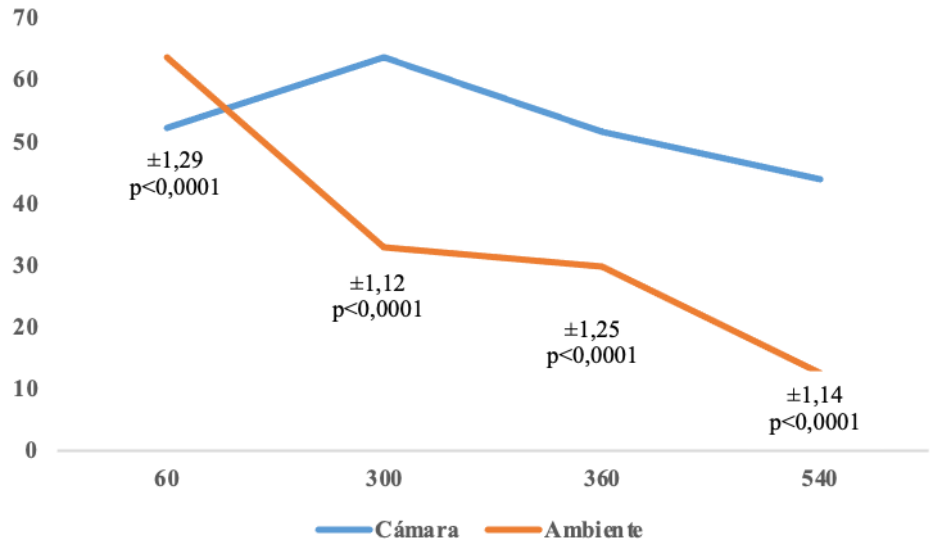


Figura1. Efecto de la condición de almacenamiento en la conservación de las semillas de *T. diversifolia.*

Muchas especies exigen de sustratos específicos para expresar su verdadero potencial de germinación. En este sentido, Padilla *et al.* (2021) evaluaron el porcentaje de germinación de *T. diversifolia* material 16 utilizando cuatro sustratos (placas de Petri empleando tierra, algodón; envases de cartón reciclado de transportar huevos empleando tierra y en saco de yute humedecido). El menor porcentaje de germinación (7,75%) se produjo en el sustrato de sacos de yute humedecidos. Este resultado negativo resulta importante, pues el uso de esta práctica es muy común por los productores y en este caso se puede subestimar el poder germinativo del lote de semilla de tithonia. En el resto de los tratamientos la germinación tuvo un comportamiento similar que osciló entre 55-60 %. Ello permite disponer de varias opciones para evaluar el % de germinación en esta especie.

Los porcentajes de germinación total obtenidos en condiciones de laboratorio (54,9%) y de vivero (43,7%) ratifican el comportamiento adecuado de esta especie bajo condiciones de vivero (Rodríguez *et al.,* 2020). Se demostró que es posible obtener plántulas vigorosas listas para su trasplante directo al campo con alturas de 28,9 cm a los 45 días de sembradas, no es recomendable esperar más tiempo para evitar pérdidas por fraccionamiento de los tallos.

Los elevados porcentajes de germinación obtenidos por lo general son superiores a los determinados en otros trabajos similares. Lo anterior puede estar relacionado con la cosecha de las semillas en el mejor momento, donde se demostró que es necesaria una sincronización entre los indicadores: número de semillas llenas, SPG y porcentaje de germinación para obtener lotes de semillas de calidad superior

II. Producción de semilla

Como antecedentes en la producción de semilla en Colombia (Mahecha *et al.,* 2015; Gallego, 2016; Mahecha y Angulo, 2017) realizaron una primera aproximación a la producción de semilla sexual de botón de oro donde caracterizaron el número de tallos y flores, peso de flores frescas y secas y cantidad de semillas por plantas de botón de oro e indica la posibilidad de una producción de semilla a partir de los botones florales y calcularon que un kg de semilla contenía 100 000 semillas. Estos resultados novedosos para ese momento indicaron la necesidad de realizar nuevas investigaciones a nivel de campo que propiciara disponer de una tecnología para la producción de semilla llenas y semilla pura germinable (SPG)/ha. y crear las bases científicas para la producción de semilla gámica comercial.

Para definir el mejor momento de cosecha, se estudió tres estados fenológicos de desarrollo de la inflorescencia, cabezuelas con brácteas verdes y pétalos marchitos, con brácteas verdes sin pétalos y con brácteas y pedúnculos secos de color marrón (Padilla *et al.,* 2018) Se definió que cuando se cosecha en el estado de brácteas verdes con pétalos marchitos existe el menor peso de semillas llenas (53 mg) , peso de 10000 semilla(4.73g), % de germinación(25.75%) y peso de SPG /cabezuela (14.75mg), si bien es cierto que en este estadio fenológico ya hay semillas formadas, no todas han logrado su formación maduración fisiológica. El porcentaje de germinación de las semillas llenas por cabezuelas fue mayor (48,3 %) cuando estas se cosecharon con brácteas y pedúnculos secos (color marrón). No hubo diferencias significativas entre cosechar cabezuelas con brácteas verdes sin pétalos y cosechar cabezuelas con brácteas y pedúnculos secos (color marrón) para el rendimiento de SPG cabezuela^{-1} (66.72-74.03mg). No obstante, se determinó una menor germinación cuando estas se cosecharon en el estado fenológico de cabezuelas con brácteas verdes y pétalos marchitos. Estos resultados indican la necesidad de realizar la cosecha de las cabezuelas, cuando las semillas (aquenios) logren su maduración y formación desde el punto de vista fenológico y fisiológico.

Los resultados anteriores propiciaron avanzar con otros estudios para definir el mejor momento de cosecha incluyendo un rango mayor de caracterización de los de acuerdo con los cambios fenológicos y morfológicos que se producen en las cabezuelas en el tiempo (foto 1) a nivel de campo (Padilla *et al.,* 2020). Los resultados de la caracterización fenológica y fisiológica (foto 1) de las cabezuelas permitieron definir los estadios que producen semillas y el mejor momento de realizar la cosecha, en condiciones de campo, durante el período de cosecha (figura 2), se demostró que el mejor momento de cosecha ocurre entre los 12 y 16 días de inicio de la floración masiva, donde predominan más de 80% de total de inflorescencias que producen semillas.

Para la cosecha es necesario que la presencia de cabezuelas con brácteas y pedúnculos secos color marrón oscile entre 20-60%, lo cual puede lograrse entre los 12 y 20 días de iniciada la floración (Padilla *et al.,* 2020).



Foto 1. Inflorescencia que no producen semillas. (A- Botón cerrado, B-Botón abierto, C-Flor). Inflorescencia que producen semillas. (D-Cabezuela con brácteas verdes y petálos machitos, E- Cabezuelas con brácteas verdes y corolas amarillas, F- Cabezuelas con brácteas verdes y corolas de color marrón, G- Cabezuelas con brácteas y pedúnculos, secos color marrón).

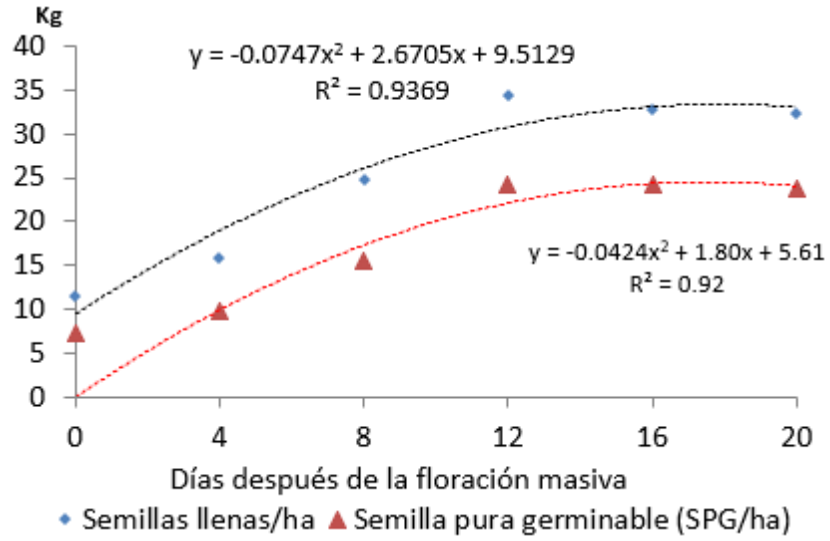


Figura 2. Comportamiento de la producción de semillas durante el período de cosecha.

Después de definido el mejor momento de cosecha, durante un período de tres años se evaluó el efecto del momento de corte (mayo-julio-septiembre) en la emisión de hijos fértiles y producción de semilla gámica de cuatro materiales destacados (3, 10, 16 y 23) de *T. diversifolia*. este estudio definió el papel preponderante del momento de la aplicación de cortes predeterminados para propiciar flujos masivos de floración en los tallos fértiles. No todos los materiales tuvieron una repuesta uniforme, en este caso el material 16 fue el único que logro producir semilla a partir del segundo año de estudio cuando se aplicó corte en el mes de julio, los demás no lo lograron. Cuando se aplicó corte en septiembre ninguno produjo semilla a partir del segundo año de estudio. Ello definió la necesidad de esta planta de un periodo de tiempo de 4-6 meses para alcanzar la formación de tallos fértiles y el desarrollo y formación de las semillas, lo que constituye un resultado científico novedoso para la especie. Con ello se garantizó una mayor

uniformidad del desarrollo fenológico de las cabezuelas en el tiempo, incidiendo positivamente en garantizar una formación y maduración más uniforme de las semillas que facilita definir y precisar con más exactitud el mejor momento de cosecha. Es por ello, que el resultado de este estudio y otros realizados en la especie se recomienda realizar el corte, al inicio del periodo lluvioso, después de estabilizadas las precipitaciones.

El comportamiento de los diferentes materiales en cuanto a los indicadores estudiados fue muy similar en la primera fase de maduración de las cabezuelas (tabla 2). Posteriormente se destaca el material 16 con un mayor número de inflorescencia total y cabezuelas con brácteas verdes con corolas amarillas y marrón que inciden positivamente en la producción de semillas llenas y SPG.

Este material se destacó, además en la producción de semilla que fue de 49,45 - 98,89 kg ha^{-1} de semilla llena y 26,63 - 53,26 kg ha^{-1} SPG en el segundo y tercer año respectivamente, resultado novedoso y muy positivo. Si bien es cierto que el material 16 se destaca, los otros materiales 3, 10 y 23 alcanzan aceptables rendimientos de semillas llena y SPG por lo que también deben ser considerados en los programas de producción de semillas gámica de esta especie.

Tabla 2. Número de botones, flores y cabezuelas que contienen semillas por inflorescencias según estado de desarrollo morfológicos de las cabezuelas en el momento de la cosecha.

Indicadores	Materiales vegetales				EE± p
	3	10	16	23	
Botón	2,13	1,95	1,85	1,10	0,25 0,0703
Flores	1,93	1,20	1,63	1,48	0,36 0,5820
Cabezuelas con brácteas verdes y pétalos marchitos	0,93	1,08	0,88	1,10	0,17 0,7462
Cabezuelas con brácteas verdes con corolas amarillas y marrón	5,40^{b}	5,98^{b}	11,25^{a}	5,43^{b}	0,47 <0,0001
Cabezuelas con brácteas y pedúnculos secos, color marrón	1,18	1,08	1,40	1,05	0,11 0,1798
Total de inflorescencias	11,55^{c}	11,28^{bc}	17,00^{a}	10,15^{b}	0,36 <0,0001

a, b, c. medias con letras distintas difieren a p<0,05 (Duncan, 1955).

En la producción de semilla se contribuyó al conocimiento científico de la caracterización fenológica de la estructura floral y la germinación de

diferentes materiales vegetales de *T. diversifolia* bajo las condiciones edafoclimáticas de Cuba.

El manejo agrotécnico integral propuesto permite lograr mayor eficiencia en el proceso de producción de semillas ya que por primera vez, se establecen las bases científico-técnicas para la producción de semilla gámica de *Tithonia diversifolia, (Hemsl.)* A. Gray en Cuba y en el mundo donde se cuantifican los rendimientos reales de semillas llenas y SPG.

III. Siembra y establecimiento.

Hasta fechas tan reciente como el periodo 2010 - 2017 no se disponía de información que indique la posibilidad de hacer siembra de esta especie directamente de semilla gámica. La propagación de esta planta se realiza casi en un 100% mediante el uso de estacas, que son fáciles de adquirir de otras áreas establecidas de tithonia, pero cabe resaltar que este tipo de propagación presenta algunas dificultades como el transporte y almacenamiento que solo se puede realizar durante periodos cortos, sin afectar la calidad de las estacas (Sánchez *et al.,* 2014).

En Colombia (Mahecha *et al*., 2015; Gallego, 2016; Mahecha y Angulo 2017) se describe por primera vez las posibilidades de las siembras por semilla gámica de botón de oro, las cuales se fundamentan a partir de esparcir ramas con flores o pedúnculos que han perdido sus pétalos, sobre un sustrato orgánico bajo una polisombra como protección contra la radiación solar y las gotas de lluvia. Las plántulas logradas se entresacan con mucha delicadeza, bien sea para trasplantarlas en bolsas de vivero o para sembrarlas directamente en suelos bien preparados

Con el objetivo de demostrar la posibilidad real de establecer el material vegetal 10 por semilla gámica en condiciones de campo (Padilla *et al.,* 2020) se utilizó diferentes tipos de arropes que consistieron en un control sin cubrir la semilla, cubrir las semillas con 360 g estiércol vacuno golpes^{-1} y cubrir las semillas 250 g de residuo vegetal seco m^2. Los resultados revelaron en los muestreos realizados a los 30 y 60 días después de la siembra, que la menor población ($p<0,05$) se produjo en el control (6,78 plantas m^2), sin arropar y no hubo diferencias entre el empleo de estiércol o residuos vegetales con una población de 7,69 y 10,33 plantas m^2, respectivamente.

El estado de desarrollo de las plántulas a los días 60 días después de la siembra, se favoreció ($p<0,05$) al cubrir las semillas con MO donde la altura, diámetro del tallo y número de hojas tallo^{-1} tuvieron un mejor comportamiento para esta etapa temprana del establecimiento Los rendimientos alcanzados del orden de 4,00 t MS ha^{-1} corte $^{-1}$ en siembras en

campo por semilla gámica en la fase de establecimiento de tithonia resultan aceptables y novedosos (Padilla *et al.,* 2020) A partir del primer y segundo corte, se pudo comprobar que ambos tipos de arropes son similares y deben ser aplicados cuando se efectúan siembras gámica en condiciones de campo, para asegurar la germinación, supervivencia y desarrollo de las plantas e incrementar la producción de biomasa.

Al evaluar diferentes niveles de arropes (250, 338 y 500 g m^2) rastrojos vegetales en la germinación, sobrevivencia y establecimiento por semilla gámica del material 10 en condiciones de campo, el porcentaje de germinación fue menor a los 12 y 30 días después de la siembra en control, que a la vez fue similar 250 g m^2 de arrope. En general hubo un incremento lineal de porcentaje de germinación en el campo con el aumento de los niveles de arrope. El hecho que con el empleo del mayor nivel de arrope (500 g m^2), las semillas logran un 28,8 % de germinación a los 12 días y 29,84% a los 30 días con 338 g m^2 de arrope, así como que las semillas sembradas en solo 12 días lograron germinar el 58% con respeto al potencial de estas en laboratorio, después de la siembra avala los beneficios de esta práctica para el establecimiento de la tithonia. Los rendimientos de biomasa alcanzados (figura 3) en el primer corte de establecimiento a los 120 días de la siembra del orden de 6 - 11 t MS ha^{-1} corte $^{-1}$ y en el segundo y tercero corte realizados a los 90 días se obtuvieron rendimiento de 2,02 t MS ha^{-1} $corte^{-1}$ en los realizados en el periodo poco lluvioso y hasta 6,00 t MS ha^{-1} $corte^{-1}$ cuando coincidió con el lluvioso para los mejores resultados con la aplicación de niveles 338 - 500 g m^2 de arropes de residuos vegetales (Padilla *et al.,* 2021).

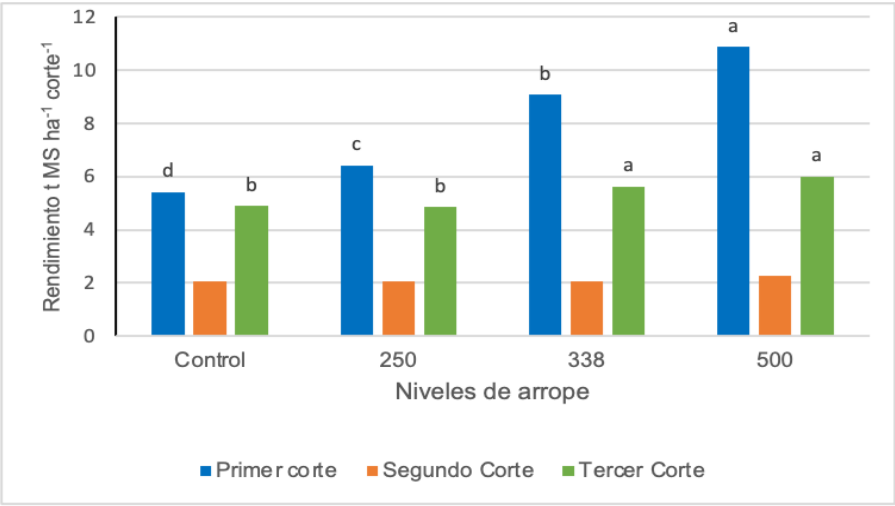


Figura 3. Niveles de arrope, en el rendimiento MS ha^{-1} la fase de establecimiento de *T. diversifolia.*
a, b, c, d: medias con letras distintas difieren a p<0,05.

Estos resultados constituyen un aporte científico donde se demuestra por primera vez los beneficios del empleo de arropes vegetales en el establecimiento de esta planta en Cuba, cuando las semillas gámica son sembradas directamente en el suelo en condiciones de campo (Padilla *et al.,* 2020; Padilla *et al.,* 2021).

En un primer experimento donde evaluó en condiciones de campo el material vegetal 10, usando las siembras por semilla gámica, trasplante en bolsa y plantación por estacas para la producción de semilla, después de dos años de explotación en producción de semilla este material se evaluó en la producción de biomasa. El resultado de la etapa de vivero, de este estudio, fue reportado por Rodríguez *et al.* (2020). La evaluación en la producción de forraje indicó los indicadores de población tallos y macollas m^2, número de hojas $tallos^{-1}$ y el % de hojas, así como la altura y el diámetro del tallo resultó similar en todos los tratamientos. Para la variable rendimiento tampoco se encontró diferencias significativas entre los tratamientos que fue del orden de 3,64 – 4,42 t MS t $ha^{-1}corte^{-1}$ a 90 días.

En un segundo experimento , donde se garantizó igual cantidad de semillas y yemas de los tallos por parcelas se hacen más evidentes las posibilidades de las siembras por semilla gámica con relación a las plantaciones agámica Así en condiciones de campo a los 7 días la siembra por semilla había logrado germinar, alcanzando una población de 2,63 plantas m^2 cuando en las plantaciones por tallos aún no se había iniciado la germinación y a los 41 días alcanzo 3,76 plantas/m^2 superior significativamente a la plantación por tallos que solo obtuvo 2,60 plantas/m^2. Además, a los 69 días se logró 88, 82 y 98 % de los nichos con plantas para las siembras con semilla, tallos y bolsas respectivamente

Los resultados en el primer corte de establecimiento a los 180 días de este experimento reafirman la superioridad de las siembras por semilla gámica con relación a las plantaciones por estacas (tabla 4) Así, el mayor rendimiento t MS ha^{-1} se logró en las siembras por semilla que difiere significativamente de las plantaciones por tallo y en bolsas ,un comportamiento similar se obtuvo para el rendimiento en t MS ha^{-1} $día^{-1}$ Así, las poblaciones en las siembras por semilla gámica y las trasplantada en bolsa 10,55 y 10,88 tallos /m^2 fueron superiores ($P<0,0001$) a las plantadas por estacas 5,80 tallos/m^2. Solo el indicador altura de las plantas fue superior ($p<0,0001$) en la plantación por tallos con relación a las bolsas y siembra por semilla que pudo estar favorecido por la menor población de este tratamiento.

Tabla 4. Comportamiento del rendimiento de biomasa de *T. diversifolia* según el método de establecimiento. Primer corte a los 180 días.

Indicadores	Tratamientos			EE± p
	Siembra semillas	Plantación Tallos	Plantación Bolsas	
Altura, m	1,71[b]	2,00[a]	1,71[b]	0,03 <0,0001
Número de tallos m^{-2}	10,55[a]	5,80[b]	10,88[a]	0,28 <0,0001
Rendimiento, t MS ha^{-1}	11,68[a]	7, 92[b]	9,48[b]	0,28 <0,0001

a, b valores con letras distintas difieren las filas a p<0,05.

Establecer una técnica de siembra de semilla gámica en el campo que permita el establecimiento exitoso de esta especie, propicia no depender absolutamente de las plantaciones por estacas y el trasplante en bolsas. Estos resultados resultan novedosos, pues se cuantifican por primera vez las mejoras en germinación, población y rendimiento de biomasa de las siembras por semilla gámica con relación a las plantaciones en bolsas y por estaca de tithonia.

Esta investigación propicia la sustitución escalonada de las plantaciones vegetativas por estacas y la fase de vivero y trasplante que no dejan de ser un proceso engorroso sobre todo cuando el resultado tecnológico estará dirigido a la mediana y gran escala para la siembra y establecimiento de botón de oro (Padilla *et al.,* 2021).

Conclusiones

Los resultados contribuyen con un aporte al conocimiento de la germinación de semilla botánica de *T. diversifolia*, así como del comportamiento morfo-estructural de las plántulas durante la etapa de vivero. Se demuestra que las semillas no presentan latencia y que es posible utilizar la vía de propagación gámica para esta especie. Por primera vez, se establecen las bases científico-técnicas para la producción de semilla gámica de *T. diversifolia* en Cuba y en el mundo. Las tecnologías propuestas para la siembra y establecimiento de tithonia por semilla gámica demostró los efectos beneficiosos de la protección de las semillas con arropes orgánicos, así como, las ventajas de las siembras por semilla gámica con relación a las plantaciones por estacas y en bolsa para el rendimiento t MS ha^{-1} de forraje y las poblaciones plantas m^2 en la fase establecimiento.

Bibliografía

Gallego-Castro, L. 2016. Evaluación agronómica y análisis productivo del botón de oro como suplemento alimenticio de vacas lecheras en trópico alto. Tesis MSc., Universidad de Antioquia, Antioquia, COL.

González-Castillo, J. C., Hahn Von-Hessberg, C.M., Narváez-Solarte, W. 2014. Características botánicas de *Tithonia diversifolia* (Asterales: Asteraceae) y su uso en la alimentación animal. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 18 (2): 45-58.

Hernández, A., Pérez, J.M., Bosch, D., Castro, N. 2015. Clasificación de los suelos de Cuba. Mayabeque, Cuba: Ediciones INCA, 93 p., ISBN: 978-959-7023-77-7. http://ediciones.inca.edu.cu/files/libros/clasificacionsueloscuba_%202015.pdf

Herrera, M., Guerra, C. W., Torres, V. 2015. Metodología para el análisis estadístico de diferentes de tipos de variables que se miden en las investigaciones que utilizan diseños experimentales relacionados con los modelos de análisis de varianza paramétrico y no paramétrico. ISBN: 978-959-7171-57-7

ISTA (International Seed Testing Association). International rules for seed testing. Seed Science and Technology. 2015. 27. Supplement. International rules http://credit.niso.org/

Levene, H. 1960. Robust tests for the equality of variance. Contributions to Probability and Statistics.Stanford University Press.

Mahecha, L., Angulo. J. 2017. Experiencia investigativa sobre *Tithonia diversifolia*. Universidad de Antioquia. En: Chará J., Peri P., Rivera J., Murgueitio E., Castaño K. 2017. Sistemas Silvopastoriles: Aportes a los Objetivos de Desarrollo Sostenible. CIPAV. Cali, Colombia. ISBN 978-958-9386-78-1 http://www.silvopastoreouy.com/images/Capitulo%205.pdf

Mahecha, L., Angulo, J., Barragán, W. 2015. Efecto de la sombra en cambios estructurales de Brachiarias asociadas a T.diversifolia y/o C.argentea. En memorias: 3° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles: VII Congreso Internacional Sistemas Agroforestales / compilado por Pablo L. Peri. - 1a ed. – Santa Cruz: Ediciones INTA. ISBN 978-987-521-611-2. Pág 294.

Mattar, E., Vianna, T.T., Pereira, W. D., Brasileiro, B.P., Hilst, P.C., Dias, D.F. 2019. Physiological quality of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray seeds as a function of harvest period and storage conditions. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 25 (6), 1133–1142. https://www.agrojournal.org/25/06-10.pdf

Padilla, C., Rodríguez, I., Herrera, M., Ruíz, T., Mesa, Y., Sarduy, L. 2020. Mejor momento de cosecha en producción y calidad de semilla gámica de Tithonia según estado fenológico de la estructura floral. Livestock Research for Rural Development. Volume 32, Article #146. Retrieved September 18, 2021, from http://www.lrrd.org/lrrd32/9/idalm32146.html

Padilla, C., Rodríguez, I., Ruiz, T. E., Ojeda, M., Sarduy, L., Díaz, L. 2020a.Evaluación de diferentes prácticas de protección de la semilla gámica en el establecimiento de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray material 16. Livestock Research for Rural Development. Volume 32, Article #50. Retrieved September 18, 2021, from http://www.lrrd.org/lrrd32/3/idal32050.html

Padilla, C., Rodríguez, I., Ruiz, T. E., Herrera, M. 2018. Determinación del mejor momento de cosecha de semilla gámica, Tithonia diversifolia (Hemsl.) Gray. Livestock Research for Rural Development. Volume 30, Article #71. Retrieved September 18, 2021, from http://www.lrrd.org/lrrd30/4/idal30071.html

Padilla, C., Rodríguez, I., Ruíz, T.E., Herrera, M. 2021. Evaluación del establecimiento y producción de biomasa a partir de la semilla gámica y agámica de *Tithonia diversifolia*. En: Informe final del proyecto: Diversificación, mejoramiento y multiplicación de recursos fitogenéticos de especies productoras de forrajes de alta calidad para la alimentación animal. Entidad ejecutora principal: Instituto de Ciencia Animal, La Habana,

Cuba. Programa: Producción de Alimento Animal, MINAG. Código Programa: P 131 LH002 046. 2021.Pág 304-307

Pérez A, Montejo I, Iglesias J, López O, Martín G, García D, Idolkis M y Hernández A 2009 Tithonia *diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. Pastos y Forrajes, Vol. 32, N. 1, p. 1 - 15.

Rodríguez, I., Padilla, C., Medelaide, O. 2019. Características de la germinación de la semilla gámica de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray y su comportamiento en condiciones de vivero. Livestock Research for Rural Development. 31(5) http://www.lrrd.org/lrrd31/5/idalma31069.html

Rodríguez, I., Padilla, C., Medina, Y. 2021. Características de la estructura floral y evaluación de la producción de semillas de diferentes materiales de *Tithonia diversifolia* Hemsl.) A. Gray. en Cuba. En: Informe final del proyecto: Diversificación, mejoramiento y multiplicación de recursos fitogenéticos de especies productoras de forrajes de alta calidad para la alimentación animal. Entidad ejecutora principal: Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba. Programa: Producción de Alimento Animal, MINAG. Código Programa: P 131 LH002 046. 2021. 304-307 pp.

Rodríguez, I., Padilla, C., Torres, V., Herrera, M., Medina, Y. 2021. Efecto del tipo de envase y el ambiente de almacenamiento en la germinación de las semillas de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray. Livestock Research for Rural Development. 2021.33 (6) http://www.lrrd.org/lrrd33/6/idal30071.html

Romero, O., Galindo, A., Murgueitio, E., Calle, Z. 2014. First experiences in the spread of boton de oro (*Tithonia diversifolia*, Hemsl. Gray) from planting seeds for intensive systems sylvopastoral in Colombia. Tropical and Subtropical Agroecosystems. (17): 525 – 528 http://www.revista.ccba.uady.mx/urn:ISSN:1870-0462-tsaes.v17i3.1569

Ruiz, T. E., Febles, G., Achan, G., Díaz, H., González, J. 2018. Capacidad germinativa de semilla gámica de materiales colectados de Tithonia diversifolia (Hemsl.) Gray en la zona centro-occidental de Cuba. Livestock Research for Rural Development. Volume 30, Article #81. Retrieved September 18, 2021, from http://www.lrrd.org/lrrd30/5/ruiz30081.html

Saavedra, S. 2016. Fenología y fisiología de semillas de botón de oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agrarias. Maestría en Ciencias Agrarias. Medellín, Colombia. http://bdigital.unal.edu.co.1128408177.pdf.

Sánchez Núñez, L., Hernández Bernal, D. M., Sánchez, H. 2014. Dinámica de la germinación y agrotecnia para un eficiente desarrollo del botón de oro (Tithonia difersifolia). Rev Sist Prod Agroecol. 5: 2, 59-81

Santos-Gally, R., Muñoz, M., Franco, G. 2020. Fruit heteromorphism and germination success in the perennial shrub *Tithonia diversifolia* (Asteraceae). Flora 271 (151686).https://doi.org/10.1016/j.flora.2020.151686

Shapiro, S., Wilk, B. 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples), Biometrika, 52, 591-611.

Wen, B. 2015. Effects of high temperature and water stress on seed germination of the invasive species mexican sunflower. PLoS ONE 10 (10): e0141567. doi: 10.1371/journal.pone.0141567

INICIO
CRÉDITOS
COMITÉS
CONTENIDO
SECCIÓN I
SECCIÓN II
SECCIÓN III
SECCIÓN IV

SECCIÓN IV

RELEVO GENERACIONAL EN EL CAMPO – HEREDEROS SILVOPASTORILES



A integração intergeracional como política pública em Santa Catarina, Brasil

Intergenerational integration as a public policy in Santa Catarina, Brazil

Airton Spies

Spiesagro. Santa Catarina, Brazil. airtonspiesphd@gmail.com

Resumo

A integração intergeracional e o processo de sucessão familiar foi abordado como política pública no estado de Santa Catarina, Brasil com o objetivo de viabilizar o desenvolvimento sustentável do meio rural. Durante três décadas foram desenvolvidos programas pelo governo estadual, com apoio financeiro do Banco Mundial, em pesquisa agropecuária, extensão rural, defesa agropecuária e fomento com investimentos para criar um ambiente de negócios favorável ao empreendedorismo que incentivasse os jovens a optar pelo campo e sucederem seus pais nas atividades de produção agroalimentar. Os resultados foram exitosos, na medida em que Santa Catarina se tornou um grande produtor de alimentos, com uma agricultura familiar forte, dinâmica e moderna, conectada com as cadeias agroindustriais e o mercado competitivo global. Com acesso a mais infraestrutura, tecnologias e qualidade de vida, a sucessão familiar nos negócios agropecuários está ocorrendo de forma planejada, tanto para os sucessores como para os sucedidos.

Palavras chave: *Sucessão familiar, integração geracional, políticas públicas, Santa Catarina.*

Abstract

Intergenerational integration and the family succession process was approached as a public policy in the state of Santa Catarina, Brazil with the objective of enabling the sustainable development of the rural environment. For three decades, programs have been developed by the state government, with financial support from the World Bank, in agricultural research, rural extension, plant and animal health and biosecurity, and investments to create a business environment favourable to entrepreneurship that encouraged young people to choose farming as a profession and succeed their parents in agri-food production activities. The results were successful, as Santa Catarina became a major food producer, with a strong, dynamic and modern family agriculture, connected with agro-industrial chains and to the global

competitive markets. With access to more and better infrastructure, technologies and quality of life, family succession in agricultural businesses is taking place in a planned way, both for successors and for the older generations.

Key words: *Family succession, generational integration, public policies, Santa Catarina.*

Introdução

A dinâmica das relações de intergeracionalidade familiar foi a base de uma estratégia de desenvolvimento rural em Santa Catarina, Brasil nas últimas três décadas, que orientou as políticas públicas de apoio ao setor. Os Projetos Microbacias 1, Microbracias 2 e o Programa SC-Rural, executados em períodos sucessivos pelo governo do estado, com financiamentos do Banco Internacional para a Reconstrução e Desenvolvimento (Banco Mundial - BIRD), contribuíram de forma decisiva para integrar gerações, consolidar a agricultura familiar e incentivar os jovens à optarem por serem sucessores de seus pais nas propriedades rurais, diminuindo o êxodo rural, proporcionando um desenvolvimento equilibrado e sustentável.

Materiais e Métodos

O presente trabalho foi desenvolvido através de um diagnóstico situacional sobre aspectos sociais, econômicos e geopolíticos do estados de Santa Catarina, Brasil, enfocando o desenvolvimento do meio rural ocorrido nas últimas três décadas. A ênfase foi nos resultados e impactos dos programas e projetos apoiados com financiamento do Banco Mundial, executados por órgãos do governo estadual, denominados Projeto Microbacias I, Microbacias II e Programa SC-Rural. A análise buscou entender como as política públicas fortaleceram a integração intergeracional e quais ações contribuíram de forma eficaz com a sucessão familiar planejada nas propriedades rurais.

Resultados e discussão

Santa Catarina é um dos 26 estados que formam, junto com o Distrito Federal, a República Federativa do Brasil. Com apenas 95,3 mil km2, Santa Catarina ocupa 1,12% do território nacional. Localizado na região Sul, apresenta clima subtropical e temperado, com relevo acidentado que também contribui para formação de diversos microclimas, desde a região litorânea, até as regiões de elevada altitude nas suas serras e áreas com solos vulcânicos de basalto no oeste. Essas condições edafoclimáticas diversificadas são propícias para grande diversidade de atividades agrosilvopastoris. Na estrutura agrária, predominam as pequenas

propriedades, sendo que 90% de seus 183 mil estabelecimentos rurais economicamente ativos têm menos de 50 hectares, e a área média está em 18 hectares (IBGE, 2021). A agricultura familiar é predominante em Santa Catarina, com 84% dos produtores rurais enquadrados nesta tipologia segundo a legislação brasileira.

A combinação de políticas públicas com esforços e investimentos da iniciativa privada transformaram Santa Catarina num gigante em produção de fibras e alimentos. Como resultado, em Santa Catarina agricultura familiar deixou de ser sinônimo de agricultura pobre. Foram décadas de trabalho em pesquisas e serviços de assistência técnica e extensão rural executados pelo governo do estado através da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural (Epagri) e as empresas públicas que a antecederam desde 1956, que proporcionaram aos agricultores tecnologias e conhecimento para o desenvolvimento sustentável de seus sistemas de produção. O governo estadual também investiu em uma estrutura de defesa agropecuária animal e vegetal robusta, com a criação da Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola (Cidasc) e executa políticas públicas de fomento agropecuário que contribuíram para o êxito do agronegócio catarinense. De forma destacada, Santa Catarina foi o único estado brasileiro a suspender a vacinação em 2000 e a obter o certificado de área livre de febre aftosa sem vacinação da Organização Mundial de Saúde Animal desde 2007 até 2021. O orçamento anual do governo estadual nas políticas públicas de pesquisa, extensão rural, defesa agropecuária e fomento são atualmente em torno de R$ 750 milhões por ano, ou o equivalente à USD 150 milhões anuais.

O resultado desses investimentos são evidentes. Apesar da pequena dimensão territorial e do seu relevo acidentado, Santa Catarina é atualmente o maior produtor nacional de suínos, maçãs, cebolas, pescados e ostras. Também é o segundo maior produtor brasileiro de frangos, tabaco, arroz e produtos florestais. Ainda é destaque na produção de leite, alho, uva, banana e trigo.

O agronegócio contribui com 29% do PIB do estado, porém o setor representa 72% das exportações (Epagri/Cepa, 2021). A produção de proteínas animais é parte da chave do sucesso, num modelo de agricultura familiar de dois ciclos: o ciclo da produção vegetal, combinado com um segundo ciclo, que é a transformação da biomassa com a produção animal, representando grande agregação de valor, geração de empregos, renda e impostos que sustentam as políticas públicas.

O sucesso do agronegócio se reflete em toda a sociedade. Com 7,3 milhões de habitantes, dos quais 84% vivem em áreas urbanas e 16% no meio rural, Santa Catarina tem a 11ª maior população entre os estados brasileiros, mas

com um Produto Interno Bruto de R$ 300 bilhões em 2020, é a 6ª maior economia. É também o 2º estado brasileiro no ranking de competitividade e apresenta o 3º maior índice de desenvolvimento humano do país. Apesar da Pandemia da Covid-19, o índice de desemprego em Santa Catarina atualmente está em 5,8%, menos da metade da média nacional que é de 14%.

O cooperativismo e a integração vertical dos sistemas de produção também têm um papel decisivo no modelo de agricultura familiar de alta competitividade econômica em Santa Catarina. Conectar os pequenos produtores com o grande mercado global foi viabilizado com modelos de formalização das relações entre os elos das cadeias produtivas. Assim os agricultores, mesmo em suas pequenas áreas de terra, conseguiram acesso à tecnologias de ponta, aumentando a sua produtividade e rentabilidade, com mais segurança para seus investimentos. O resultado disso foi o aumento de escala com atividades de alta densidade econômica, possibilitando que os agricultores em suas pequenas propriedades desenvolvessem grandes negócios, conectados com as cadeias agroalimentares.

Nesse contexto surgiu também um grande desafio: a *sucessão familiar* nas propriedades rurais. Com mais acesso à educação, a alta empregabilidade dos jovens do campo em atividades urbanas passou a seduzir muitos a saírem das terras de seus pais. Esse êxodo resultou num enfraquecimento do tecido social no meio rural e ainda é uma ameaça à continuidade de milhares de propriedades. Num estudo conduzido pela Epagri no início dos anos 2000, 29.500 estabelecimentos rurais, ou cerca de 15% do total no estado não tinham sucessores em potencial. Ficou evidente que chegamos ao fim da *Era* dos "agricultores por acaso". Os sucessores da geração que se aposenta teriam que ser "agricultores por opção", ou seja, por escolha.

Para enfrentar esse desafio de "seduzir" os jovens a permanecer no campo e suceder seus pais por sua livre escolha na gestão de seus negócios na propriedade rural, as política públicas do governo estadual, em parceria com os governos municipais, passaram a priorizar os investimentos em benefício desse público, com ações estratégicas em treinamento, profissionalização e financiamento favorecido para os jovens. A parceria do governo estadual com o Banco Mundial por mais de 30 anos foi decisiva para implantar uma estratégia de integração intergeracional.

Projeto Microbacias 1

O esforço para promover o desenvolvimento sustentável do meio rural foi iniciado em 1991 com o Projeto Microbacias 1. Este primeiro financiamento do BIRD, no valor de US$ 33 milhões e contrapartida de US$ 38,6 milhões do governo estadual teve ênfase na conservação do solo e da água, para garantir

a produtividade dos recursos naturais das propriedades rurais. Com a implantação do plantio direto, das práticas conservacionistas e da conservação da água, as ações deste projeto encerradas em 1999 mudaram a agricultura e trouxeram o foco para a conservação dos recursos naturais, com produção agrícola sustentável. Os solos agrícolas foram melhorados com o uso de sistemas conservacionistas de manejo para implantação das culturas anuais de verão e registrou-se um aumento dessas práticas onde o projeto atuou, principalmente na região oeste do estado (da Veiga, 2020). O legado de produzir preservando e preservar produzindo persiste até hoje.

Projeto Microbacias 2

O Programa de Recuperação Ambiental e de Apoio ao Pequeno Produtor Rural, também conhecimento por Projeto Microbacias 2, iniciado em 2002, foi financiado com recursos do BIRD, no valor de US$ 62,6 milhões e contrapartida de Santa Catarina no valor de US$ 44,0 contribuiu significativamente para o alívio da pobreza no meio rural, incentivando atividades que tinham por objetivo gerar mais renda e qualidade de vida nas zonas com menor índice de desenvolvimento econômico e humano. O MB2 também apoiou a organização das comunidades e seus agricultores com a criação das Associações de Desenvolvimento das Microbacias (ADMs), que permitiu que velhos problemas fossem resolvidos e oportunidades fossem aproveitadas por meio da cooperação local. Até seu término em 2009, foram atendidas 139.800 famílias em 936 microbacias. O meio rural estava se tornando um lugar mais atrativo para os jovens viverem.

Programa SC-Rural

O Programa SC-Rural, foi a terceira e última fase dessa parceria com o BIRD para fortalecer a agricultura familiar e o desenvolvimento sustentável do território catarinense. Teve início em 2011 e seis anos de duração. O propósito central foi aumentar a competitividade das organizações da agricultura familiar e consolidar as estratégias já construídas no MB1 e MB2 para proporcionar sustentabilidade para a prosperidade no campo. Novamente o Programa foi coordenado pela Secretaria de Estado da Agricultura e da Pesca. Foram investidos recursos de US$ 189 milhões, dos quais US$ 90 milhões do BIRD e US$ 99 milhões de contrapartida do governo do estado. O SC-Rural atuou em diversas frentes, apoiando a melhoria ou implantação de redes e 500 projetos agroindustriais da agricultura familiar com planos de negócios, priorizando projetos apresentados por jovens. Na sua execução o SC-Rural contou com o engajamento de entidades da administração estadual como Epagri, Cidasc, Fundação do Meio Ambiente (Fatma), Polícia Militar Ambiental e Secretarias de Turismo, Cultura e Esporte e da Infraestrutura.

Conclusões

As ações voltadas para a capacitação de jovens agricultores em empreendedorismo, gestão, educação sanitária e regularização ambiental e fundiária foram decisivas para o seu êxito. O Programa orientou e constituiu os empreendimentos em conformidade com a legislação brasileira, o que exigiu a profissionalização dos agricultores para serem empreendedores no meio rural. A parceria com outros setores do Governo proporcionou melhorias nas estradas rurais, na rede de energia elétrica, na conectividade e inclusão digital e também no controle das brucelose e tuberculose em animais. Todas essas ações contribuem para constituir negócios viáveis com base na agricultura familiar, resultando num meio rural competitivo e com atratividade para os jovens a serem os sucessores de seus pais nas propriedades.

O desenvolvimento econômico, ambiental e social do meio rural é a maior contribuição do Programa SC-Rural, tornando Santa Catarina um lugar apropriado para o desenvolvimento da agricultura familiar e seu capital humano, pelo espírito empreendedor dos produtores rurais e com uma organização estrutural que os conecta com os grandes mercados mais competitivos. Nesse desafio da integração intergeracional as atenções das políticas públicas devem estar voltadas tanto para formar sucessores como para o bem-estar dos sucedidos. Por isso a questão requer uma visão holística.

A experiência de Santa Catarina mostra que é possível reverter a tendência do êxodo rural quando as políticas públicas se voltam para reduzir as assimetrias de acesso às condições de qualidade de vida entre o meio rural e o meio urbano. Mais renda, qualidade de moradias, estradas melhores, energia elétrica de qualidade, conectividade com a Internet e principalmente, oportunidades para participar da gestão, são requisitos que fazem a balança da atratividade pender para o meio rural em relação à sucessão familiar. Os jovens tem fascínio pelas tecnologias da Agricultura 4.0 e querem, acima de tudo, condições para realizar seus sonhos de conquistar uma vida digna trabalhando no campo.

Bibliografia

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: http://www.ibge.gov.br. Acesso em: 05 outubro 2021

EPAGRI/CEPA. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina/ Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola. Síntese da agropecuária de Santa Catarina 2019-2020. Florianópolis: Epagri, 2021

da Veiga, M., Pandolfo, C. M., & Spagnollo, E. (2020). Sistemas de manejo e atributos do solo na área de atuação do Projeto Microbacias 2 em Santa Catarina. Agropecuária Catarinense, 24(1), 54-59.

INICIO
CRÉDITOS
COMITÉS
CONTENIDO
SECCIÓN I
SECCIÓN II
SECCIÓN III
SECCIÓN IV

Sostenibilidad y prosperidad de empresas familiares: aspectos a tener en cuenta para lograrlas

What to bear in mind to achieve sustainability and prosperity in family businesses

P. I. Keller

El Dorado, Misiones, Argentina. patricia.i.keller@gmail.com

Resumen

La prosperidad de empresas familiares puede lograrse a partir de la sostenibilidad y sus al menos tres dimensiones. Ello asegura la sostenibilidad ambiental y productiva, además de constituir el punto de partida para la expansión empresarial, agregando valor adicional desde las dimensiones social y económica. En la administración de SPP familiares coexisten dos sistemas - el empresarial y el familiar – y cada uno con sus propias características. Para lograr satisfacer las necesidades crecientes de la familia, la empresa familiar deberá definir su visión y valores (alineadas con los de la familia), modelo de negocios y estrategias más apropiadas. El modelo más apropiado dependerá de la complejidad de la familia y la del negocio, de las personalidades y situación de cada empresa, entre otros. La sostenibilidad y expansión desde lo social se logra a partir de la identificación de las fortalezas de los miembros familiares, y su desarrollo temprano mediante educación y fomento de ambientes de cooperación para la complementariedad eficaz de los talentos. Además, identificar al futuro líder y formándolo en las cualidades más relevantes para cada caso, se puede vincular su estilo de liderazgo a las estrategias de mercadotecnia y desarrollar ventajas competitivas únicas, basadas en las habilidades "blandas", muy difíciles de copiar y dinámicas en el tiempo. Con herramientas de gestión para la sostenibilidad y la expansión en la dimensión social y económica, se puede lograr el crecimiento y desarrollo de las fuentes de los ingresos empresariales acorde a las necesidades familiares y crear un marco propicio para la sucesión.

Palabras clave: *administración sostenible, necesidades humanas, liderazgo en negocios familiares, mercadotecnia SPP sostenibles, planificación de la empresa familiar.*

Abstract

Prosperity of family businesses can be achieved using the mainframe of sustainability and its at least three dimensions. This guarantees environmental and productive sustainability – and is the starting point for

business expansion through adding additional value from the social and economic dimensions. In the administration of family owned silvo pastoral systems, two systems coexist: the family and the business – and each has its own characteristics. To satisfy the family´s growing needs, the family business has to define its vision and values (and align them with the family´s values), the most suitable business model and strategies. The best business model should be chosen according to their vision, the complexities of the family and the business, the chosen strategies and personalities. Value can be added from developing complementary talents upon the family members´ strengths through education and an environment that enhances integrity and cooperation. After identifying the leader for the next generation, he or she should be trained and a marketing strategy aligned with the leadership's style, in order to build competitive advantages based on soft skills. These are dynamic and very difficult to copy. With management tools for sustainability and further expansion in the social and economic dimensions, business growth and development can be achieved, according to the growing family needs - and create a favourable mainframe for family succession.

Key Words: *Planning of family business, sustainable administration, human needs, leadership in family business, marketing for sustainable silvopastoral systems.*

1. Introducción

En Latinoamérica, más del 75 por ciento de las empresas son familiares y cuando hablamos de fincas con Sistemas Silvo - Pastoriles (SPP), el porcentaje es muy superior aún. Sin embargo, pocas llegan a la cuarta generación, por diversos motivos, entre los cuales el más frecuentemente mencionado es la falta de recursos económicos (Gascon, S. A., 2013, Goyzueta Rivera, Samuel Israel (2013). Barroso Martínez, A & Barriuso Iglesias, C, 2012; Arrubla, M., 2016, entre otros.)

La mayor parte de las veces, los recursos económicos y la rentabilidad son resultado de la administración y no pocas veces, del desbalance entre las necesidades familiares y la generación de recursos por la empresa familiar. La superposición de estos dos sistemas – familia y empresa – crea una situación compleja para administrar por su diversidad de variables y criterios característicos de cada sistema en particular. Los miembros familiares suelen utilizar un lenguaje compartido para referirse a las ideas disponibles y analizar su factibilidad de implementarlas en función de su contexto social y cultural. Ello puede ser una ventaja en cuanto a la comunicación – y a veces, una desventaja en cuanto a la disponibilidad de nuevas formas de hacer las cosas que podrían resultar más provechosas y resolver mejor los problemas (Carlock R. & Ward, J, 2010). Efectivamente, no siempre es sencillo alcanzar

la sostenibilidad y expansión de la empresa al ritmo del crecimiento de las necesidades y demandas de los miembros familiares. Especialmente en la cultura latina se identifica la unidad y armonía familiar como un pilar para la felicidad. En añadidura, la familia juega un papel clave en la transmisión de las habilidades "blandas" tales como conocimientos ancestrales y sabiduría, actitud y comportamientos, destrezas adquiridas, la cooperación de los talentos, de la cultura y sus valores. Ello no solamente se requiere para desarrollar valor económico para la familia y para la sociedad, sino también para alcanzar ventajas competitivas únicas, clave para el éxito empresarial, medido en términos de la creación de valor por la familia (y todos sus accionistas). Por eso, es necesario planificar el desarrollo de las habilidades blandas para que la integración intergeneracional sea eficaz. Esto no sólo favorecerá a los miembros familiares, sino también la empresa familiar y su entorno empresarial, a la vez que contribuye a la estabilidad y progreso de una región.

Por lo hasta aquí señalado, se explicará el marco de referencia conceptual que facilita la administración sostenible y en particular, la transición intergeneracional de SPP. Esto puede lograrse de manera que se organiza la expansión económica – también sostenible – de la empresa familiar, dando cabida al desarrollo de sus miembros mediante el fomento y complementariedad de sus talentos. Se abordará en líneas generales, los aspectos a tener en cuenta para lograr la identificación y satisfacción de las necesidades familiares en primer lugar, y en segundo, el proceso de planificación familiar. En tercer lugar, se explicarán conceptos básicos para lograr la sostenibilidad – y su gestión en las tres dimensiones - y expansión de la empresa familiar, desde la dimensión social y económica. El objetivo de crear dicho marco conceptual, proponer estas acciones y modo de proceder, y señalar los aspectos a tener en cuenta en el proceso, es facilitar la creación de fundamentos sólidos que ayuden a una transmisión saludable del SPP a la siguiente generación.

1.1. Necesidades humanas y familiares: tipos y características

En primer lugar, conviene tener en cuenta que las personas tenemos dos tipos de necesidades básicas: aquellas que provienen de lo físico, que se pueden medir – y aquellas psicológicas, que provienen del espíritu, que no se pueden medir (Blaskova, M. & Grazulis, V., 2009). Para sobrevivir, se precisa cubrir las físicas y afecto, ya que sin él, un niño muere. Además, existen 6 necesidades psicológicas que explican la mayor parte del comportamiento humano – incluyendo la toma de decisiones - y que si son satisfechas, ayudan a lograr la felicidad. La mayoría de estas necesidades pueden ser provistas en el marco familiar y son: estabilidad y sentirse seguro, tener diversidad, sentirse querido y conectado, sentirse relevante (que lo que se haga,

importa), sentido de contribución y sentir que se crece o progresa (Robbins, A., adaptó la teoría de Maslow, A., 1991). La intensidad e importancia relativa de cada una de estas necesidades varía de persona a persona, y entre personas de una misma familia. Hay personas que necesitan sentir más estabilidad y otras, mayor diversidad – y para algunas, sentir que se progresa es indispensable y está en primer lugar y sólo después vienen las demás necesidades.

Las necesidades son satisfechas de manera física (material) o de manera espiritual (desde la parte no material de las personas) de la siguiente manera:

Cuadro 1: Fuentes de satisfacción de necesidades (adaptado a partir de Lapin, D., 2014).

Necesidades de las personas y oferta para satisfacerlas	El mundo ofrece de manera física	El mundo ofrece de manera espiritual
Necesidades **físicas** (requeridas para sobrevivir) ADEMÁS: SPP + FLIA:	**Recursos ecológicos y económicos** Alimento, vivienda, agua, aire, vestimenta, descanso INSUMOS GANADO + FORESTACIONES.	**Recursos sociales** Vínculos y conexiones de familiares, amigos, compañeros, etc. TRABAJO, RRHH, CONEXIÓN
Necesidades del **espíritu** (no requeridas para sobrevivir, pero sí, para el bienestar y sosiego) ADEMÁS: SPP + FLIA:	**Recursos económico-financieros y sociales** Seguridad, estabilidad y seguridad financiera (ahorros); Recursos para crear diversidad, mantener las tradiciones, tomar un descanso, etc. REC. FINANCIEROS	**Recursos sociales** Cooperación y solidaridad, comprensión mutua, caridad, fe. Conocimientos y habilidades Sentirse relevante Contribución Progreso CONFIANZA FRENTE AL COMPROMISO con la EMPRESA FAMILIAR

1.2. Satisfacción de las necesidades familiares y su relación con la administración de la empresa familiar

Es relativamente sencillo administrar y gestionar las variables físicas de un SPP en una empresa familiar, si tenemos en cuenta los requisitos técnicos propiamente dichos y para aquellos para la sostenibilidad (como se explicará más adelante) porque se trata de **activos físicos** - tierra, ganado, pasturas, forestaciones, etc.- que se pueden medir su ritmo de crecimiento y su ritmo

de extracción del sistema (venta de ganado, extracción de madera, por ejemplo).

Además de los activos físicos, la familia cuenta con **activos del espíritu,** sus ***valores y creencias, los talentos y los vínculos de confianza*** entre sus miembros y de sus miembros hacia su entorno.

El talento es, según la definición clásica, "la suma de las habilidades de una persona, sus conocimientos, experiencia, inteligencia, juicio, actitud, carácter y fuerza interior progresar." Luego, el talento se desarrolla en un ambiente con una cultura que lo promueve (Berger, L & Berger, D., 2017).

Los fundamentos de la mayor parte de estos elementos se pueden aprender en el marco familiar. Además, se observa que los miembros de una familia suelen tener fortalezas complementarias, que si son identificadas y nutridas a tiempo, permiten desarrollar los talentos en un marco de cooperación y diálogo constructivo, otorgándole al núcleo familiar empresarial un enorme potencial.

Sin embargo, para lograrlo eficazmente, conviene tener en cuenta algunos aspectos adicionales, que se analizarán a continuación.

1.3. Planificación y toma de decisiones de la empresa familiar, tipos de recursos y compromiso familiar

En las empresas de familia coexisten dos sistemas: el de la familia y el de la empresa. Existen diversos vínculos entre ambas, como los lazos familiares, cultura familiar y valores compartidos, sobre los que se puede desarrollar la confianza mutua. La toma de decisiones se realiza en un contexto que incluye varias etapas de la planificación, indispensable para la transmisión del SPP, especialmente de la segunda generación en adelante.

Es muy importante contar con un proceso de planificación del negocio familiar, que idealmente cuente con cinco etapas que agrupan las acciones necesarias para la continuidad del negocio familiar (Carlock R. & Ward, J, 2010):

1. Definición clara de los valores, pues dan forma a la visión empresarial y en consecuencia, las estrategias más eficaces.
2. Definición de la visión empresarial, que guiará la contribución familiar y desarrollo de sus ventajas competitivas. Si todos los miembros familiares tienen una imagen clara de la empresa en el futuro, se predispone la voluntad de sus miembros a realizar inversiones en capital humano y financiero.

3. Definición de la estrategia requerida para desarrollar el liderazgo y propiedad – y también desarrollar un plan de negocios que permita aprovechar las fortalezas y oportunidades.
4. Definición de cómo se van a realizar las inversiones (financieras y en capacitaciones). Esto se relaciona también con el compromiso familiar, cuya medida es la voluntad de invertir dinero, talento y esfuerzos en la empresa. Hay dos preguntas para hacerse, que se refieren a cuál es el potencial de creación de valor en el negocio familiar en el largo plazo – y qué nivel de inversión financiera (o reinversión versus dividendos) y de capital humano (liderazgo familiar y talento de gobernar y/o administrar la empresa) para que evolucione favorablemente en el futuro.
5. Definición de cómo se va a gobernar la empresa familiar (modelo de negocios), que dependerá de la complejidad de la familia y la del negocio. Existen cuatro configuraciones típicas que suelen observarse desde la fundación de una empresa familiar: el administrador-propietario, la administración compartida entre hermanos (crecimiento), la colaboración entre primos (profesionalización) y finalmente, la empresa familiar (regeneración) (Sigelman, C.K. & Schaffer, D.R., 1991).

Los negocios familiares de varias generaciones necesitan planificar para asegurar un buen desempeño de la empresa y también prevenir conflictos innecesarios. Además, las estrategias del negocio familiar deben ser consideradas en el contexto de los valores familiares y sus expectativas financieras. Por ejemplo, si entre los valores familiares está la creación de bienestar, se requerirá el desarrollo de un negocio de beneficios crecientes y acordes a dichos valores.

La planificación por escrito de la estrategia provee un marco para hacerse sistemáticamente las preguntas críticas para la evolución del negocio, tales como: qué oportunidades de mercado conviene aprovechar, cuánto se necesita invertir y cuándo, entre otras.

El marco que incluye ambos sistemas, se ilustra para un caso ejemplo en el Gráfico 1, donde se incluyen los sistemas que participan en la toma de las decisiones (y las variables, en minúscula en el gráfico 1 – se pueden elegir otras, según el caso). En la figura puede apreciarse que la familia puede administrar la sostenibilidad en cada dimensión teniendo en cuenta los indicadores más apropiados según los recursos físicos o especies de capital (como los ecológicos, económicos y productivos) – y los recursos del espíritu, como sus valores, creencias, talentos, capacidades y vínculos de confianza entre sus miembros, que se vincularán con su capacidad de mejorar y multiplicar su capital social, cultural y humano. Además, existen los vínculos

hacia afuera de la empresa, hacia sus clientes o personas que se pueden y desea servir, proveedores de insumos y conocimiento, etc.

Las empresas familiares tienen ventajas competitivas si alinean los procesos de planificación empresarial con la planificación familiar, de manera que exista un apoyo recíproco para el desarrollo de ambos sistemas.

En los negocios familiares, además de ser consciente de la administración de las variables económicas físicas, es clave comprender las motivaciones y variables que provienen del espíritu (que no podemos medir directamente). Las variables del espíritu, son por ejemplo, la integridad (que en un gerente, produce mejores resultados financieros).

Otros aspectos no físicos son los "buenos valores", que se refieren a los necesarios para la convivencia: respeto, honestidad, buena voluntad, etc. Estos se aprenden en casa y el entorno más cercano, con el ejemplo de los demás (y menos con las palabras). Las "creencias" son aquellas "verdades" que no cuestionamos y que suelen guiar la toma de decisiones (Sinek, S., 2019).



Gráfico 1: Sistemas y variables de la toma de decisiones para un caso ejemplo de SPP familiar.

Cuando las **necesidades de la familia y las de la empresa** están alineadas y son compatibles, aumenta la probabilidad de éxito para la empresa familiar. Debe

haber un balance entre necesidades y expectativas de los dos sistemas, en relación a las siguientes cinco cuestiones básicas:

1. Control y la manera de tomar las decisiones, que suele ser más complejo que en los negocios no familiares. Transferir el control de una generación a la siguiente es uno de los mayores desafíos de las empresas familiares (Beissenhirtz, V., 2009).
2. Capital y definición de cuántos recursos se invierten;
3. Carreras y cómo se distribuyen el o los roles de liderazgo;
4. Conexión y la manera en que se protegen las relaciones familiares;
5. Cultura y los valores que motivan la visión y los comportamientos.

Estas cinco cuestiones requieren de planificación por parte de quien/es lideran y administran y deben ser comunicados con eficacia a los demás miembros y personas que trabajan en la empresa.

Es normal que, en los negocios familiares, algunos miembros maduran y envejecen, otros quieren el pago de sus dividendos y la siguiente generación está pensando en la carrera a seguir y eventualmente integrarse a la empresa. Son los vínculos afectivos que ayudan a la cohesión y además satisfacen necesidades del espíritu y psicológicas.

Por otra parte, cada familia tiene una combinación de valores o una idea de "cómo la familia cree que se deben hacer las cosas". Estos valores moldean la cultura del negocio familiar. Valores positivos como capacidad emprendedora e integridad son la base de muchas empresas familiares exitosas. Valores con impactos negativos reflejan la falta de transparencia y de confianza. Es importante ser conscientes del impacto de los valores sobre el desempeño del negocio familiar. La necesidad de contribuir puede ser canalizada a través del trabajo en la empresa.

En cuanto al capital, hay dos dimensiones de inversión: capital humano y financiero. Las decisiones de inversión son clave en el buen desempeño y éxito empresarial. Otras decisiones importantes se refieren a la administración de los dividendos (cómo se van distribuir y en qué proporción) y cómo se va a remunerar la administración y demás contribuciones de los miembros al negocio familiar. A veces, tener una estrategia definida de salida del negocio (venta de sus acciones por parte de un miembro) ayuda a que los miembros deseen permanecer en el negocio familiar. Lo importante es asegurar que las cuestiones de propiedad no obstaculicen el desempeño del negocio.

Los objetivos empresariales deberían estar claramente definidos para canalizar y concentrar la energía y el compromiso de los miembros familiares.

Si se ignoran algunos de los objetivos de los miembros familiares, por el motivo que fuere, ello debilita el nivel de compromiso de dichos miembros con respecto al negocio. En las familias donde se enfatizan en exceso los objetivos empresariales en desmedro de los objetivos y expectativas individuales, suelen debilitarse los vínculos y los miembros comienzan a competir unos contra otros. Esto debilita la capacidad competitiva del negocio familiar en el mercado. El compromiso de la familia con el negocio familiar y la visión compartida (sobre hacia dónde quiere llegarse) es lo que determina que exista un punto de partida sólido para lograr una empresa fuerte y que pueda, a igualdad de otras condiciones, crecer y además, satisfacer las necesidades de la familia.

Las jerarquías de los objetivos de negocios familiares son:

1. Objetivos espirituales, vinculados a la capacidad de servicio y agregado de valor mediante el servicio (la creación de valor económico empresarial es función directa de la capacidad de servicio y del valor agregado percibido por el cliente).
2. Objetivos psicológicos, vinculados al desarrollo de los talentos individuales y del bienestar emocional de los miembros familiares. Así se desarrollan las habilidades y se crean oportunidades para el éxito profesional;
3. Objetivos sociales, vinculado a la reputación de la familia y del negocio familiar;
4. Objetivos económicos referidos a la creación de valor y bienestar y su conservación para sostener el bienestar familiar.

2. Sostenibilidad empresarial y sus aspectos más importantes a tener en cuenta

La sostenibilidad, según la definición clásica de Brundtland, G (1987) está basada en el principio de lograr que “nuestras acciones de hoy permitan la satisfacción de nuestras necesidades del presente sin comprometer aquellas de las generaciones futuras”.

Según la Agenda 21 (Naciones Unidas, 1992), la sostenibilidad tiene al menos 3 dimensiones – ecológica, económica y social. Se puede caracterizar a cada una por incluir cierto tipo de recursos o “especies de capital”. Para lograr la sostenibilidad, precisamos administrar a perpetuidad estas especies de capital, es decir, mantener – al menos - sus niveles (Keller, P., 2012). Por eso, la administración y gestión de todos los recursos deben asegurar que el ritmo de extracción no debe superar la tasa de generación, crecimiento y/o producción.

A nivel empresarial, para tener una variable conceptual que se pueda administrar a perpetuidad, es útil el concepto de "capital" ya que se asume que, para la sobrevivencia de una empresa, se producen bienes y/o servicios que se venden en un mercado a un precio que suele pagarse en dinero, que compone el capital financiero. Así se considera que la naturaleza ofrece "capital natural" y las personas "capital social" (Freyre, M. L., 2013,) y "capital humano".

Para administración de fincas, conviene distinguir entre capital financiero (dinero, cheques y otros valores que se pueden convertir en dinero fácilmente) y capital económico, que incluye las maquinarias y otros bienes de uso necesarios para generar productos vendibles.

Si implementamos estos conceptos a la administración de una finca, podremos lograr la sostenibilidad empresarial (Barcelos, L., 2010), que hace referencia a la capacidad de realizar las actividades durante un tiempo prolongado, teniendo en cuenta criterios sociales, económicos y ambientales que aseguren la continuidad del negocio y éste pueda heredarse de una generación a la siguiente. En la práctica, para que una empresa familiar pueda tener continuidad a lo largo de las generaciones, es condición necesaria que sus miembros poseen cualidades emprendedoras (Handler, W.C., 1992).

En cuanto a la administración de las fincas, teniendo en cuenta criterios de las tres dimensiones, la dimensión ecológica es particularmente importante porque además brinda, el sustento a la misma producción de un Sistema Silvopastoril (SPP de aquí en adelante).

Por otro lado, si la familia crece y se precisan satisfacer las necesidades de más personas, será necesario generar un valor también creciente a partir de los recursos disponibles. A continuación, se explicará cómo lograrlo en líneas generales.

2.1. Sostenibilidad ecológica y productiva de empresa familiar con SPP

La sostenibilidad ecológica se logra mediante el mantenimiento del sistema ecológico con la administración focalizada en mantener constante el capital natural (o recursos naturales). Dentro de la sostenibilidad ecológica se incluyen las condiciones, manejo y conservación del suelo y aguas/nacientes, de la proporción de áreas con ecosistemas nativos en preservación y para efectos de amortiguamiento, el cuidado del paisaje y el manejo de las áreas bajo explotación, la evolución y manejo de los balances de nutrientes (N, P y K) y de humus del suelo, el manejo de desechos y efluentes, los modos de generación de energía, etc.

La **gestión sostenible de los recursos naturales** es muy importante porque necesitamos mantener, como mínimo, la calidad de los recursos naturales que tenemos y que nuestro manejo mantenga la calidad de los recursos que permitan el desarrollo de la siguiente generación. Es indispensable proteger las nacientes, los lugares con pendientes muy pronunciadas, manejar bien las pasturas y control de erosión, si se quiere que la finca pueda pasar de generación en generación al futuro - y seguir satisfaciendo las necesidades de los miembros familiares.

Se puede apreciar que los elementos de la sostenibilidad ecológica, son elementos físicos. Ello significa que se pueden medir y así gestionar con relativa facilidad por medio de indicadores (por ejemplo: evolución del contenido de nutrientes, fertilidad del suelo, variables del manejo del ganado y de las plantaciones forestales, forrajeras y especies con otros fines.)

Sobre este soporte natural, se implanta, desarrolla y gestiona el SPP, destinado a generar productos y servicios vendibles en el mercado. Aquí se incluyen el ganado, las pasturas y las plantaciones de especies forestales y otras especies.

Para la **gestión sostenible productiva del SPP** sólo se debería consumir y/o extraer del sistema al mismo ritmo al cual el sistema genera – es decir igualamos los flujos de producción con los flujos de extracción. En la práctica significa que, por ejemplo, si las pasturas generan X cantidad de forraje/mes, podremos tener una cantidad acorde de ganado que consuma esa cantidad de forraje o menor, sin deteriorar la calidad del suelo, ni calidad del agua y de arroyos y nacientes. Además, se mide el crecimiento de los árboles y de la cantidad de madera generada por unidad de tiempo y superficie por un lado, y la ganancia de peso o la obtención de productos del ganado por el otro, etc. Según el valor sucesivo de los índices, se sabrá qué aspectos se deben mejorar y/o manejar mejor o de otra manera (desde el manejo del rodeo, el de las pasturas y la alimentación, de la sanidad, etc.).

También conviene ajustar todas las operaciones que ya se están haciendo para lograr máxima eficiencia y también eficacia. Luego, si sólo se tuviera esa cantidad de tierra de la finca sobre el cual se cría ganado, forraje y forestaciones en un SPP, se tendría que aumentar en primer lugar **la fertilidad del suelo** para que las pasturas sean más nutritivas y más voluminosas. Después, seguirán con el mejoramiento de la calidad del forraje y la genética, tanto del ganado y de las especies forestales en cuanto a eficiencia de conversión y aprovechamiento de la calidad del sitio.

Así la sostenibilidad ecológica y productiva de una finca con SPP dependerá en primer lugar, del buen manejo y administración física de los flujos de

producción y de extracción a ritmos similares (Keller, P, 2002, 2012). En este marco, dados los ciclos biológicos y variables limitantes, el aumento de la producción tendrá un techo (si se lo enfoca de manera sostenible). Entonces, si la familia propietaria de la finca creciera – para satisfacer sus necesidades también crecientes, se precisará incrementar los ingresos financieros mediante la generación de mayor valor desde las otras dimensiones: la social y la económica.

2.2. Sostenibilidad social – aspectos a tener en cuenta para lograrla y expandir la empresa familiar

La sostenibilidad social está basada en el mantenimiento del **capital social**, que se crea a partir de la disposición para cooperar y ello exige confianza mutua (Putnam, R., 2000, 2001). Luego, el capital social no sólo se multiplica con la **reciprocidad de dicha confianza** en el marco de **normas compartidas** y en condiciones de mayor equidad (Kliksberg, B., 2004), sino que también genera un efecto de apalancamiento positivo sobre la eficiencia de todos los demás recursos (Keller, P. 2012). Cuando se venden bienes o servicios, la confianza en quien los provee es un factor clave y puede elevar el valor percibido por el consumidor (Keller, K. & Kotler, P., 2021). De aquí se deduce que, al aumentar el capital social, también puede aumentarse el nivel de crecimiento económico. Además, las familias suelen tener valores compartidos y sus miembros se conocen bien entre sí, por lo que entre ellos (a igualdad de otras condiciones), suele existir un capital social más alto que entre personas que no comparten sus valores básicos.

En añadidura, la existencia de vínculos de confianza permite la multiplicación otras formas de "capital" asociado a las personas que trabajan en un SPP, finca o empresa. Entre ellos cabe mencionar el **intelectual y especialmente el "capital cultural" – que incluye los conocimientos ancestrales.**

Por otra parte, en ambientes donde prevalecen valores como honestidad y lealtad hacia la empresa y colegas, así como donde existe tolerancia a los errores, viéndolos como oportunidades para mejorar, es donde mejor se desarrollan las innovaciones (creatividad en acción) de toda índole con repercusiones positivas sobre la sostenibilidad en general y la rentabilidad económica en particular.

La FAO, (2019) tiene en cuenta, además del capital social, al "**capital humano**" o aquél que se refiere a la capacidad humana de contribuir mediante actividades, conocimientos y habilidades, entre otros, a la sostenibilidad.

Dentro del capital humano se encuentra el liderazgo, que consiste en la capacidad de influir en las demás personas (Maxwell, J., 2020, 2021). Para

asegurar la sostenibilidad empresarial, el liderazgo es una cualidad del espíritu muy importante a tener en cuenta para elegir y formar al sucesor. Un líder transmite la misión (y visión compartida) y motiva al cambio necesario para alcanzarla, inspirando a los demás a la acción. Si se desea que una empresa o proyecto sea exitoso, se precisa del liderazgo apropiado. Es conveniente que dentro de la empresa haya determinadas características adicionales que suelen presentar los líderes, aunque las pueden portar otras personas. Entonces, el líder debería presentar al menos algunas de las siguientes cualidades:

- ser fuerte o robusto/a ante la adversidad;
- tener capacidad emprendedora;
- estar dispuesto/a correr riesgos (aunque sean calculados);
- ser decidido/a, estar atento/a a las oportunidades;
- entender cómo desarrollar mayor competitividad de la empresa en el mercado;
- mantener la cabeza clara cuando aumenta la presión en tiempos de crisis;
- ser innovador/a (muy importante y vinculado a la producción y también a la efectividad del mercadeo).

Si se vincula el estilo de liderazgo a las características y estrategia del mercadeo más apropiado para lo que cada finca puede ofrecer y vender, se pueden alcanzar interesantes ventajas competitivas.

2.2.1. Identificación y organización de los recursos sociales de la empresa

Para lograr sostenibilidad y prosperidad empresarial por medio de la administración de la dimensión social, se debe tener en cuenta que existen numerosos recursos internos y también externos.

Los recursos internos están asociados a las personas, sus talentos, conocimientos, capacidades y habilidades; la confianza entre ellos, su complementariedad y capacidad de organización y cooperación.

Los recursos externos se asocian a las cualidades y vínculos/relaciones de y con las proveedores y personas parte de la cadena de valor (si se agrega valor afuera) así como con los clientes actuales y potenciales.

A su vez, el negocio familiar requiere de determinados talentos para su crecimiento y desarrollo óptimos (Schuler, R., S., 1992).

Todos estos recursos deben ser administrados por alguien de la familia (y/o por alguien externo a ella y supervisado por miembros de la familia) para

alcanzar la visión empresarial. En dicho marco, se plantean los objetivos estratégicos que guiarán las decisiones.

Si se considera la integración intergeneracional como un proceso, se pueden identificar determinados aspectos a tener en cuenta, paso a paso. Así, se comenzará, a nivel familiar, con la etapa de identificación, educación básica y definiciones estratégicas, lo cual debería incluir las siguientes acciones:

- **Definir una visión empresarial de manera realista** y alinearla con los valores familiares – y con la cultura empresarial desde el principio. Esto facilita la toma de decisiones, su coherencia y la eficacia en el uso de todos los recursos. Enseñar a los hijos conocimientos básicos de planeamiento estratégico.
- **Definir los recursos, talentos y capacitaciones necesarias** para alcanzar la visión ya en la educación temprana de los niños, enseñar la importancia del respeto, honestidad e integridad, el compromiso, la importancia de contribuir y la cooperación.
- **Enseñar hábitos de comunicación eficaz y productiva para aprender a tomar decisiones.**
- **Identificación de las fortalezas de cada hijo/a** (y/o miembro familiar a ser integrado en la sucesión intergeneracional) lo más tempranamente posible y fomentarlas mediante la educación.
- **La educación y entrenamiento son una prioridad. Junto con la comunicación** juegan un papel clave, al transmitir y entrenar las habilidades después de identificadas las fortalezas para cubrir los talentos que la empresa precisa, especialmente en la siguiente generación. La diferencia entre talento y fortaleza reside en que los talentos son patrones naturales recurrentes de pensamiento, sentimientos y comportamientos que pueden ser aplicados productivamente, mientras que una fortaleza es algo innato, es la habilidad de proveer de manera continua un desempeño casi perfecto en una actividad específica. Sobre las fortalezas se puede desarrollar las habilidades por entrenamiento y repetición. Las competencias son la combinación de habilidades y conocimientos. El desarrollo de las llamadas habilidades "blandas" que sólo pueden llevar a cabo personas (que van integrando sus conocimientos, experiencia y destrezas a lo largo del tiempo) permite a una empresa desarrollar ventajas competitivas (según Porter, M., 2000) únicas y muy difíciles de copiar (Keller, P., 2005).
- **Definir el modelo de negocios** más adecuado según el nivel de complejidad de la familia y del/de los negocio/s. Cuando la complejidad familiar es mínima – por ejemplo, un solo hijo/a como sucesor - y la del negocio (sólo una o dos actividades productivas), se puede elegir sólo un sucesor que será el "capitán" de la empresa familiar. A medida que crece la complejidad familiar, por ejemplo, en la tercera o cuarta generación, si

todos desean seguir siendo parte de la empresa, conviene elegir modelos de negocios donde la familia interactúa de manera similar a como proceden los miembros del directorio de las corporaciones. En este caso, se puede contratar a los administradores, supervisores y demás puestos clave, o bien que sean ocupados por algunos miembros de la familia que presenten los talentos y competencias necesarios. Para que la empresa siga funcionando bien, es clave que los miembros familiares sigan atentos y comprometidos con su evolución. Otro modelo, apropiado cuando miembros familiares tienen talentos que no podrían integrarse al SPP propiamente dicho, pero utilizar alguno de sus productos o subproductos, es mediante la creación de nuevos negocios en función de esos talentos de los miembros familiares. Estos nuevos negocios podrían ser unidades interdependientes. Se podría planificar su creación y desarrollo partiendo de la empresa familiar original, con la que comparten los valores básicos. Entonces según cada caso, se elegirá el modelo que mejor se adapte a la visión empresarial, los talentos necesarios y aquellos que puedan complementar actividades vinculadas a la empresa original.

- Definir el criterio de selección del sucesor familiar ayuda a facilitar el proceso y disminuye los conflictos que la sucesión podría causar. Se recomienda incluir la capacidad emprendedora entre las cualidades para el o los sucesores.
- Tener un plan de transición, establecer cómo se hará la transición de la propiedad a los miembros familiares, especialmente cuando un sucesor es quien administra y los demás familiares seguirán siendo dueños y/o accionistas. Es importante tener reglas claras de cómo se pasarán, transfieran o devuelvan las acciones
- Elegir al sucesor y poner el plan de su desarrollo por escrito.
  Se requiere invertir suficientes esfuerzos y recursos con un plan de desarrollo que incluya la transferencia de la responsabilidad y de la autoridad de manera progresiva. Se pueden establecer metas intermedias, con requisitos a cumplir por parte del sucesor, de manera en que se vayan integrando capacitaciones para desarrollar todas las fortalezas necesarias gradualmente. Algunas de las capacidades y conocimiento clave a desarrollar incluyen la de organización y gestión (incluyendo el mercadeo) alineadas con el liderazgo.
- Comunicar estas decisiones de una manera que cree paz y armonía para el bien de todos. Cuantas más responsabilidades tenga el sucesor, tanto mayores esfuerzos y potenciales problemas deberán resolverse.

2.3. Sostenibilidad y expansión económica de un SPP familiar

La sostenibilidad económica requiere del mantenimiento del stock de capital económico. Ello se logra si se vive de los intereses y sin disminuir el capital (Keller, P., 2012). Requiere el compromiso de quien administra – y de los miembros familiares que acompañan – de administrar de manera prudente y sostenible. Para ello, se requiere planificar, a partir del flujo de caja, los gastos, ahorros e inversiones, además de generar actividades que puedan producir ingresos a lo largo de los meses y años. Esto es particularmente importante para los SPP porque tanto la cría de ganado como el manejo de especie forestales tienen ciclos productivos que abarcan varios años.

Si la familia se expande y se desea satisfacer las necesidades de sus miembros, es necesario que el criterio de sostenibilidad sea el piso o nivel mínimo y se planteen objetivos de generar valor creciente. Esto se puede lograr de manera productiva y requiere del ahorro y de la inversión oportuna, que permita vivir y trabajar con sosiego planificando la expansión y/o agregado de valor (Lapin, D., 2014).

El agregado de mayor valor es un factor clave no sólo de la expansión de la empresa familiar, sino que también ayuda a su sobrevivencia. Dado que la tendencia de la rentabilidad percibida por el productor ha sido fuertemente decreciente en las últimas pocas décadas, es muy conveniente que la familia identifique un nicho o segmento del mercado que pueda abastecer con la máxima calidad, eficiencia y eficacia posible. Esto requiere conocimientos técnicos de mercadeo y también de logística (Fischer, C & Griesshammer, R., 2013; Sherhorn, G., 2008; Wilke, G., 2002).

2.3.1. La mercadotecnia para empresas familiares con SPP

La mercadotecnia es una herramienta socio - económica cada vez más valiosa que, bien utilizada, permitiría a los productores de SPP y empresas familiares, servir a sus clientes minimizando gastos y comisiones a los intermediarios (y recuperar un mejor margen de rentabilidad de los productos y servicios vendidos). La tendencia de estos gastos y comisiones ha sido creciente al punto de haber perjudicado gravemente la rentabilidad de las fincas en cada vez más países.

El mercadeo es el proceso de entender, conocer y satisfacer al cliente a cambio de obtener un beneficio. Entonces el primer aspecto a tener en cuenta es que la estrategia de mercadeo elegirá aquellos mercados que mejor se puedan satisfacer y obtener un beneficio razonable en compensación.

INICIO
CRÉDITOS
COMITÉS
CONTENIDO
SECCIÓN I
SECCIÓN II
SECCIÓN III
SECCIÓN IV

Otro aspecto a tener en cuenta es la definición de "en qué negocio está la empresa". No es lo mismo estar en "el negocio de la carne", que estar en el negocio de "la carne saludable de bovinos alimentados a base de pasturas naturales". En cada caso, el cliente será diferente, el mercado, la logística, la presentación del producto y también los precios que se puedan alcanzar. En este ámbito y en términos relativos, es más importante qué vendemos y a quien/es, que las actividades en sí. Entonces el planteo es: ¿qué problemas resolvemos con los productos/servicios que generamos? O también: ¿qué situación mejoramos para el consumidor? Con este enfoque podremos hacer la ingeniería inversa y organizar el proceso productivo para aumentar la eficiencia y también eficacia.

Un tercer aspecto a tener en cuenta es llevar a cabo la gestión por medio de índices que nos muestren el nivel de respuesta que tienen las acciones vinculadas al mercado (calidad y tipo de producto, su precio, lugar donde se vende, tipos y cantidades de promociones y/o publicidad realizadas, así como las personas que conectan a la empresa con sus clientes etc. (Keller, K. & Kotler, P., 2012).

En este ámbito, lo más importante es hacerse las preguntas correctas, teniendo en cuenta los cambios que están ocurriendo a nivel de la demanda. En primer lugar, la calidad del producto y/o servicio es el fundamento de lo que se ofrece en el mercado, pues nada reemplaza algo de calidad mediocre. Dada la competencia creciente en la mayor parte de los rubros, es más importante crear atracción al producto y/o servicio que buscar activamente a los clientes. Esto puede lograrse si se atiende un nicho o un segmento de mercado con personas a las cuales se entiende bien.

El siguiente aspecto es, cuales canales de venta conviene utilizar, para vender rentablemente el volumen producido, pues además de la plaza y accesibilidad al producto o servicio, también importa la rentabilidad.

En cuanto a la identificación del precio, actualmente existen recursos de testeo online que facilitan el proceso y permiten ser bastante preciso, teniendo en cuenta el costo, la función del producto o servicio y la disponibilidad a pagar por parte del cliente.

En cuanto a la promoción o cómo se comunica el valor y cualidades del producto o servicio, es necesario no solo la creatividad del mensaje, sino testear su efectividad. Ello requiere espíritu de innovación e identificar qué incluir, cómo y dónde publicar los mensajes de promoción.

La creación de experiencias de consumidor es una tendencia que cada vez se impone más y un ejemplo son las degustaciones de productos regionales y/o artesanales, en el marco del turismo rural y/o sustentable.

Finalmente, como nadie trabaja y prospera aislado, las conexiones humanas y el nivel de servicio de las personas responsables del mercadeo pueden ser factores significativos en este proceso. Más allá del mercadeo tradicional, dirigido a clientes, existe una tendencia creciente de realizar esfuerzos de mercadeo dirigido a empresas, que puede resultar interesante considerar según los volúmenes y calidad producidos, además de otras cuestiones estratégicas. Todas las relaciones de mercadeo se basan en la confianza, por lo que el capital social resulta un factor clave de eficacia y de apalancamiento de los esfuerzos con objetivos económicos. Por eso, conviene elegir los socios del mercadeo "empresa a empresa" con sabiduría.

Si no se tuviera los talentos necesarios para organizar la mercadotecnia, se la puede subcontratar y recordar que se trata de un área estratégica. Por ello, se debería estar siempre al tanto de su evolución y alinear tempranamente lo necesario que permita abastecer el mercado brindando el máximo de valor posible).

Finalmente cabe resaltar el impacto que tiene una buena imagen y reputación tanto de la finca como de la familia en las cualidades del producto percibidas por el cliente. Luego, a mayor capital social e intelectual percibido por el mercado (requisitos para lograr la sostenibilidad social), mayores serán las perspectivas de colocar bien el producto en ese nicho, área o segmento.

2.3.2. Método rápido de monitoreo de la evolución económica empresarial

Es necesario comprometerse a largo plazo para administrar los recursos económicos, midiendo su evolución, tanto desde el ritmo del flujo como de la evolución y destino del stock de capital financiero. Se requiere matemáticas básicas, buenos hábitos de monitoreo y algunos conocimientos de estados e instrumentos financieros, para manejar la contabilidad y leer los estados financieros, tanto empresariales como los bancarios.

En la administración de fincas y para la integración intergeneracional, conviene diferenciar el capital económico de explotación (fijo vivo –vacas, vaquillonas, etc.- e inanimado, como maquinarias, rodados y útiles varios) y capital circulante o de funcionamiento para que el SPP evolucione. A su vez, en el capital circulante se diferencian los bienes físicos que pueden venderse (insumos, y productos listos para vender) y el dinero o capital financiero propiamente dicho (dinero fácilmente disponible, físico y en cuentas, así como reservas en todas sus formas).

Para saber si la familia está consumiendo o incrementando su stock de capital, conviene evaluar si los pagos por unidad de tiempo a los miembros familiares guardan relación con los ingresos y capitalización de la producción vendible y servicios prestados. Si el cociente entre los Pagos familiares / Ingreso neto operativo antes de deducir impuestos disminuye con el tiempo, significa que la empresa tiene cada vez más dinero para reinvertir o ahorrar. Si aumenta, la sostenibilidad económica no será posible.

Para las fincas se debe agregar el mantenimiento del capital de explotación (rodeo reproductivo y productivo) y del capital circulante físico, que se requieren para la continua evolución de la producción.

Finalmente, es necesario comprometerse a manejar también lo ahorrado (que forma el stock de capital económico) por categorías según su destino y hasta que se lo utilice, ya que este capital puede generar intereses y trabajar para quien lo invierte. Algunas categorías de destino de los ahorros son:

- para mantenimiento y reemplazo de los bienes de infraestructura y de producción respectivamente (mantenimiento y renovación de sus máquinas, alambrados y demás mejoras y bienes de uso como tractores, etc.).
- para realizar inversiones y/o expandirse (según el plan o para oportunidades que se presenten).
- para tener una reserva cuando se necesite (siniestros, contingencias, etc.)
- para crear un capital necesario para pagar al menos una parte de un heredero que desea salir del emprendimiento familiar. Esta cuestión también se podría resolver creando unidades de negocios interdependientes, que cada sucesor puede administrar y que lo generado sirva para “pagar su parte” (en este caso, a lo largo de un período de tiempo mayor).

Cuando se hace esto, se depende menos de fuentes de financiamiento externo y se conserva la independencia, no solamente financiera, sino también en cuanto a una mayor libertad para la toma de decisiones. Quien debe, generalmente se vuelve esclavo de sus acreedores.

3. Conclusiones

Se puede resolver la transición intra - generacional usando el marco de la sostenibilidad como piso mínimo de referencia – y expandiendo la empresa mediante el desarrollo de capital económico (creación de valor agregado

percibido como tal por el mercado elegido) a partir del desarrollo progresivo de capital social, intelectual, y del liderazgo.

Como se trata de un proceso, conviene definir tempranamente la visión en base a la alineación de los valores empresariales y familiares. Efectivamente, para lograr una integración intergeneracional que permita beneficiar a los miembros de la familia, la visión de la empresa familiar orienta tanto a la administración prudente y como la educación de la siguiente generación. Si la familia crece, la sostenibilidad es la condición necesaria pero no suficiente para asegurar cubrir las necesidades de sus miembros. Entonces, dado que la intensificación de la producción a campo tiene sus límites físicos para seguir siendo sostenible, el crecimiento que acompañe la expansión familiar deberá provenir en mayor proporción de las otras dimensiones: la social y la económica. Ello requiere la distinción previa de las necesidades físicas y del espíritu por un lado – y de los recursos con que cuenta la familia en las tres dimensiones, por el otro.

Desde la administración de los recursos físicos, es importantísimo asegurar al menos la sostenibilidad ecológica y la económica. Los recursos no físicos que se proveen dentro del marco familiar, están los vinculados a la educación y capacitación de la siguiente generación (capital intelectual) y valores compartidos (capital social), ya sea que hereden todos o sólo uno de los hijos siga la administración de la finca o empresa. Fuera de la familia y hacia el entorno, se necesita crear vínculos de confianza (capital social), especialmente con personas que forman parte del quehacer cotidiano de la empresa, como proveedores y clientes (e incluyendo a potenciales clientes). Dentro del capital intelectual, se pueden desarrollar las habilidades blandas basadas en las fortalezas de los miembros familiares. La combinación y complementación de este tipo de habilidades permite crear ventajas competitivas muy duraderas en el tiempo, porque son muy difíciles de copiar.

Entonces, se requiere además de lograr la sostenibilidad, satisfacer también las necesidades del espíritu, mediante la provisión de seguridad y estabilidad familiar y empresarial (con ahorros, buenas relaciones con la comunidad y el mercado, cooperación y comprensión mutua, etc.) para tener un mayor margen de acción y elección en cuanto a las actividades afines a los hijos y su mejor manera de implementarlas. Así se beneficia la calidad del estilo de vida y si se suman actividades de cooperación y solidaridad basadas en el mutuo entendimiento, se fomenta también las necesidades de sentirse relevantes, de contribuir a un bien mayor, de crecimiento y progreso, que tanto contribuyen a la felicidad.

En las fincas, se suele sobreestimar la capacidad generadora de los recursos naturales y subestimar las capacidades generadoras de los recursos sociales.

La dimensión social parece ser la más importante de las tres dimensiones en cuanto a causa-efecto sobre la sostenibilidad general y afecta directamente el éxito de la transición intergeneracional. Suele ser un poco relegada por la existencia de dificultades metodológicas para medir el capital social. Sin embargo, si se tiene en cuenta que la confianza se construye día a día en contacto con las personas, mediante la buena comunicación, tratando de ser justo y la coherencia entre lo que se dice y se hace, se percibe que la dificultad en medirla no debería ser un impedimento para desarrollar el capital social, con todos sus efectos de apalancamiento positivos.

En la mayor parte de las familias las fortalezas de sus miembros suelen ser complementarias, y si consideramos que el talento = competencia, compromiso y contribución, la educación juega un papel clave en el proceso de desarrollarlo.

Así, a los/as herederos/as se puede formar desde la educación temprana para resolución de problemas y cooperación - y capacitación en función de sus fortalezas para desarrollar sus talentos.

Además, el estilo de liderazgo vinculado a la estrategia de mercadotecnia puede presentar ventajas competitivas.

Finalmente, una familia unida con valores claros genera capital social, que apalanca todas las demás especies de capital, hacia dentro de la empresa (creando valor) y hacia afuera, con el entorno y sus clientes. Si logra esto y el compromiso hacia la empresa, la mayor parte de las acciones y estrategias a implementar favorecerán enormemente la integración intergeneracional exitosa y el desarrollo de los miembros familiares y sus talentos.

4. Bibliografia

Arrubla, M., 2016. Finanzas y educación financiera en las empresas familiares Pymes. En: Sinapsis 8, pp. 99- 118.

Barcelós, L., 2010. Modelos de gestión aplicados a la sostenibilidad empresarial, Tesis de Doctorado, Facultad de Economía y Empresa, Universidad de Barcelona, pp. 210.

Barriuso, M C. *et al*., 2012. El protocolo familiar y sus instrumentos de desarrollo en las empresas familiares de Extremadura Tourism & Management Studies, Nº. 8, pp. 139-150.

Beissenhirtz, V., 2009. Dynasty and durability. En: Economist, September 7.

Berger L & Berger, D., 2017. Talent Management Handbook, Mac Graw Hill, 3a. Ed., Nueva York, pp. 704.

Brundtland, G., 1987. Our common future, Naciones Unidas, Oxford University Press, pp. 247.

Carlock R. & Ward, J, 2010. When Family Businesses are best. Ed. Palgrave Macmillan, Nueva York, pp. 246.

FAO, 2019, The State of the World´s Biodiversity for Food and Agriculture. FAO Assessments, Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture of the United Nations, Roma, pp. 576.

Freyre, M. L., 2013. El capital social. Alcances teóricos y su aplicación empírica en el análisis de políticas públicas Ciencia, Docencia y Tecnología, vol. XXIV, núm. 47, pp. 95-118.

Gascon, S. A., 2013. Conflictos en empresas familiares, Trabajo de investigación, , Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Cuyo, pp. 96.

Goyzueta Rivera, S., 2013. Modelo de gestión para las empresas familiares con perspectivas de crecimiento y sostenibilidad". Universidad Católica Boliviana San Pablo. Cochabamba.Perspectivas, Año 16 – Nº 31 – abril 2013. pp. 87-132.

Handler, W.C., 1992. Sucession experiences of the next generation. En: Family Business Review, pp 133-149.

Keller, P., 2003. Estrategia Agroempresarial y ambiental para El Paraíso, Misiones Argentina, Tesis de Maestría de Gestión Agroempresarial y Ambiental, Universidad para la Cooperación Internacional, San José de Costa Rica, pp. 172.

Keller, P., 2005. Abordagem estratégico para o sucesso sostenível nas empresas desde seus recursos humanos. Revista científica REA vol 5, Janeiro/Junho 2005, pp 16-27.

Keller, P., 2012. Implementación de estrategias para la sostenibilidad y capital cultural, Tesis Doctoral de Administración, Facultad de Ciencias Económicas, UNAM, Posadas, pp. 419.

Kliksberg, B., 2004. Más ética, más desarrollo, Ed. Temas, Buenos Aires, pp. 224.

Kotler, P & Keller, K., 2012. Marketing management, 14th Ed, Ed. Prentice Hall, One Lake Street, Upper Saddle River, New Jersey 07458, pp. 833.

Lapin, D., 2014. Business Secrets, Ed. John Wiley, New Jersey, pp. 314.

Maslow, A., 1991. Motivación y personalidad. Ed. Díaz de Santos, Barcelona, pp.496.

Maxwell, J., 2020. The Leader's Greatest Return: Attracting, Developing, and Multiplying Leaders, Harper Collins Leadership, pp. 252.

Maxwell, J., 2021. Change Your World: How Anyone, Anywhere Can Make A Difference, Harper Collins Leadership, Nueva York, pp 240.

Naciones Unidas, Agenda 21, 1992. Conferencias de Naciones Unidas sobre el Medio ambiente y su Desarrollo, Rio de Janeiro, pp. 300.

Putnam, R. D, 2000. *Bowling alone: el colapso y la reactivación de la Comunidad Americana*. Simon & Schuster, Nueva York, pp. 541.

Putnam, R. D., 2004. Democracies in Flux: The Evolution of Social Capital in contemporary society. Oxford University Press, Oxford, pp. 528.

Fischer, C., Grießhammer, R., 2013. Working Paper. Mehr als nur weniger Suffizienz: Begriff, Begründung und Potenziale, Öko-Institut e.V., Friburgo, pp. 23.

Hinterhuber, H., 2003. Erfolgreich im Schatten der Grossen, Wettbewerbsvorteile fuer kleine und mittlere Unternehmen, Erich Schmidt Verlag, Berlin, pp. 342.

Porter, M., 2000. Estrategia competitiva. Técnicas para el análisis de los sectores industriales de la competencia. Ed. Compañía Continental, Méjico, pp. 383.

Scherhorn, G., 2008. Ressourceneffizienz im Kontext der Nachhaltigkeitsdebatte. En: Hartard, J. (Editor), Über Effizienz hinaus, Ed. Nomos-Verlag, Baden-Baden, pp. 21-30.

Schuler, R. S., 1992. Strategic Human Resource Management: Linking People with the Strategic Needs of the Business. En: Organizational Dynamics 21, pp. 18-32.

Senge, P., 2006. The Fifth Discipline: The Art and Practice of the learning Organization, Ed. Doubleday. Nueva York, pp. 464.

Sigelman, C.K. & Schaffer, D.R., 1991. Life-Span Development, Ed Brooks Cole. Belmont, pp 673.

Sinek, S., 2019. The infinite Game, Ed. Portfolio. Londres, pp. 272.

Wilke, G., 2002. Öko-Effizienz. Eine Problemskizze. En: Von nichts zuviel. Suffizienz gehört zur Zukunftsfähigkeit. Über ein Arbeitsvorhaben des Wuppertal Instituts Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie (Eds.), Wuppertal, pp. 71-82.

Estrategias para lograr una integración generacional exitosa en las empresas familiares agropecuarias. Experiencias de Uruguay

Julio Perrachón

Instituto Plan Agropecuario. Colonia del Sacramento. Uruguay.
jperrachon@planagropecuario.org.uy.

Resumen

Las empresas agropecuarias en Uruguay son en la gran mayoría gobernadas por uno o varios integrantes de la familia, esto significa que estamos frente a una empresa familiar agropecuaria. Estos sistemas de producción tienen muchas ventajas al ser gestionada por miembros de la familia y en muchos casos pasar de generación en generación. Pero no están exentos de conflictos internos, fuerza de poderes, expectativas desencontradas, falta de comunicación, planificación, lo que hace un sistema vulnerable desde el punto de vista del futuro de la empresa y además de conflictos latente en la familia.

Para evitar estos conflictos, es necesario incentivar a una integración generacional exitosa, lo que permitirá un relevo generacional donde se logre un proceso planificado adecuada y de forma anticipada entre todos los integrantes de la familia, para definir un plan de trabajo, en busca de la felicidad de cada uno de sus integrantes. En Uruguay desde principio del 2000, el Plan Agropecuario junto a la institucionalidad pública y privada agropecuaria estamos poniendo el tema sobre la "mesa" y hemos logrado insumos interesantes para que muchas familias comiencen a transitar este proceso, logrando resultados promisorios.

Palabras claves: *Relevo generacional, Sucesión, Generación.*

Abstract

Agricultural enterprises in Uruguay are mostly governed by one or several members of the family, which means that we are facing a family agricultural enterprise. These production systems have many advantages in that they are managed by family members and in many cases are passed on from generation to generation. But they are not exempt from internal conflicts, power struggles, conflicting expectations, lack of communication and planning, which makes the system vulnerable from the point of view of the future of the company and also of latent conflicts within the family.

In order to avoid these conflicts, it is necessary to encourage a successful generational integration, which will allow a generational changeover where an adequate planned process is achieved and in advance among all the members of the family, to define a work plan in search of the happiness of each one of its members. In Uruguay, since the beginning of 2000, Plan Agropecuario together with public and private agricultural institutions have been putting the issue on the "table" and we have achieved interesting inputs for many families to start this process, with promising results.

Keywords: *Generational succession, Succession, Generation.*

I.- Introducción

Los integrantes de las empresas familiares agropecuarias, tiene el gran desafío de gestionar la empresa y ser parte de la familia. Todos poseen responsabilidades diferentes, según cual es el rol en la empresa y en la familiar; por otro lado, el técnico extensionista tiene su función para lograr los resultados deseados.

Para que todo este proceso, fluya de la mejor forma posible, es necesario cultivar y fomentar ciertas actitudes personales de los miembros de la familia, las cuales son clave parar una integración generacional exitosa.

Las empresas familiares agropecuarias de Uruguay poseen una diversidad de género y generación interesante, lo que permite una diversidad en visiones y sugerencias de cada uno de los sistemas. Muchas veces esa característica de las empresas familiares no es bien aprovechada, donde el rol del extensionista puede jugar un papel clave para visibilizar muchas de estas cosas que suceden dentro del núcleo familiar.

El objetivo de este trabajo es compartir con los lectores, experiencias vividas como extensionistas durante estos años, y posibles sugerencias para las familias y cuál sería el rol del extensionista en este proceso.

El trabajo se divide en tres grandes áreas, primero se describe cómo hemos trabajado durante estos años, segundo pasar a contar los principales resultados, experiencias, con sugerencias para los diferentes actores y finalizar con algunos comentarios finales.

II.- Métodos

La metodología implementada cómo extensionista durante estos años en jornadas (25) y talleres (30) con familias en todo el territorio nacional, es fomentar el dialogo entre los participantes, compartir experiencias vividas,

donde todas las opiniones son válidas sin distinción de genero ni generación y respetar la opinión del otro. Esto es posible a partir de fortalecer como facilitador mi escucha activa, hacer preguntas desafiantes a los integrantes, buscando entender la interpretación de cada uno de ellos. En la mayoría de los casos, se fomenta el dejar las cosas por escrito, el cual puede ser el resultado de un grupo de trabajo u opiniones personales sobre ciertos aspectos que se estén abordando. Todo esto busca fomentar el aprender haciendo y la construcción colectiva, puntos clave para el desarrollo personal y de la empresa familiar.

III.- Resultados y discusión

Comenzaremos por definir, que entendemos cuando hablamos de relevo, sucesión, herencia e integración generacional, para luego comentar algunas experiencias cómo extensionista y por último algunas sugerencias a los integrantes de la familia y al profesional.

El relevo generacional, es un proceso gradual, evolutivo y muchas veces poco perceptible, compuesto de varias etapas, existiendo dos muy clara e imprescindible para concretarlo, que son el traspaso de la sucesión, la entrega de la herencia y otros conceptos. Es proceso puede ocurrir en vida de los titulares o por ley ocurre indefectiblemente a la muerte de los mismos. Cuando hablamos de sucesión se refiere al proceso por el cual se pasa a la próxima generación la capacidad de poder, mando y gestión de la empresa, para lograr esto, ocurre también la trasmisión de valores, actitudes y costumbres (de las buenas y de las malas) de ambos padres a sus hijos. Por otro lado, la herencia se refiere al traspaso a la próxima generación de los bienes de la empresa, por ejemplo, el ganado, tierra, dinero, deudas, entre otras cosas (Perrachon, 2011).

Otro término que estamos usando en los últimos años ha sido integración generacional, la que entendemos cómo el relacionamiento entre las diferentes generaciones de una familia, proceso que comienza desde el nacimiento de una nueva generación hasta el fallecimiento de los actuales titulares. Por lo tanto, para lograr un relevo generacional fluido, armónico y aceptado por todos los integrantes de la familia, es más probable que ocurre cuando existe una integración generacional exitosa (Perrachon, 2016). Con este concepto buscamos visibilizar, favorecer y estimular la inclusión de las diferentes generaciones y género de la interna de la empresa familiar.

Desde la experiencia como extensionista en empresas familiares agropecuarias de Uruguay comparto algunos comentarios.

Al ser presentado el tema en un grupo de productores o familias, provoca sentimientos encontrados, desde alegrías, orgullo, pero también angustias, impotencias, tristezas hasta en algunos casos rencores, dependiendo de la historia de cada integrante. Es un tema que preocupa a todos, son conscientes de la importancia del problema, pero no es tratado con claridad, seriedad y la debida anticipación, que el caso amerita. Esto puede estar explicado por los siguientes motivos: se habla de reparto de dinero, de personas sus seres queridos y de la muerte o retiro del titular, siendo temas que a nuestra cultura le cuesta tratar con cierta naturalidad.

Muchos conflictos provienen, de supuestos y malos entendidos entre los integrantes de la familia de los que están dentro y fuera del predio, debido fundamentalmente a problemas de comunicación, que vienen arrastrándose de varios años de "conflictos ocultos".

Tanto de parte del titular, como de los hijos, responsabilizan al otro por la falta de acuerdo e interés por tratar el tema. Es común escuchar "…la culpa es del otro…". Se destaca que, en este proceso priman los valores y la historia de cada integrante de la familia, con lo cual implica en muchos casos un choque de intereses e interpretación de la situación, "…mi padre me crio así…" (Perrachon, 2012).

El mejor resultado se logra cuando las partes tienen las mejores y mayores capacidades para negociar. La capacidad negociadora, comprende opciones laborales, capacidades físicas y mentales, hasta sentimientos, valores y lazos familiares, llegando a extremos como el testimonio de un hijo que le respondió a su madre de la siguiente forma, "…no hay problema mamá, nos vamos a otro trabajo y no veras más a tu nieta…".

Existen casos donde titulares mayores de 60 años, no han pensado retirarse, tampoco ven con mucha claridad cómo seguirá la empresa, ni tienen planificado que harán durante los años de retiro. Por otro lado, hay titulares con 70 años, que han creado una empresa, se encuentran con ganas de seguir haciendo cosas y no sienten gusto por formar parte del sector de jubilados. Los comentarios son "…me encantaría morirme en los bretes apartando ovejas y no en la cama de un hogar de ancianos". En estos casos la clave es hablar claramente a sus hijos, parar informales lo que ellos desean hacer, y no provocar falsas expectativas a los hijos (Perrachon, 2012).

Los jóvenes sienten muchas veces que no son escuchados, ni tenidos en cuenta en el proyecto productivo, pero a su vez se sienten con derecho de recibir parte de lo que tienen sus padres o abuelos. Existen muchos casos donde los hijos no tienen sueldo fijo, ni porcentaje de las ganancias de la

INICIO
CRÉDITOS
COMITÉS
CONTENIDO
SECCIÓN I
SECCIÓN II
SECCIÓN III
SECCIÓN IV

empresa, lo que lleva a la confusión y desanimo de continuar en la empresa, se definen “mano de obra barata…”.

Se detecta que un número importante de relevos generacionales no planificados, finaliza en conflictos familiares donde intervienen profesionales, que llevan a largos y costosos juicios, además de un núcleo familiar destruido y con rencores, por este motivo es importante respetar los “códigos familiares…”. No es común que las familias escriban sobre la forma en que está planificado este proceso, siendo la palabra y la confianza lo que prima en la mayoría de los casos, el problema se agrava cuando la familia crece con la aparición de sobrinos, nietos, nueras, yernos y fallecen los que fundaron es negocio.

También se destaca, que cuando las partes tienen confianza y ganas de solucionar el tema, se logran buenos resultados y se aprecia una familia orgullosa de lo que hace y de su historia. En los casos en que el predio está participando en un grupo de productores, se observa que, a partir de la discusión del tema en el grupo, se encuentran soluciones más objetivas al problema y muchas veces sirve para respetar la opinión de la minoría, por ejemplo, los comentarios de alguno de los hijos o parientes “políticos”.

Épocas de crisis económicas, limitaron el interés de muchos jóvenes en continuar las actividades de sus padres. Donde muchas veces los padres planteaban a sus hijos las dificultades del negocio agropecuario y el gran sacrificio de la actividad, llevando a que los jóvenes orienten sus estudios a otras profesiones. Esto, ha provocado que actualmente, un gran número de empresas ganaderas no posean un sucesor preparado y motivado para continuar, lo que a pesar de los muy buenos momentos económicos y productivos lleva a la liquidación de muchas empresas.

Se observan situaciones donde los hijos en edades tempranas son estimulados por los padres para que los acompañen en sus tareas, dejando los estudios y se transforman en la mayoría de los casos en mano de obra de confianza. Esto conduce en un principio a contar con “mano de obra barata”, pero al crecer el joven y casarse, se transforma en la “mano de obra más cara” de la empresa. Además, no ha adquirido la preparación necesaria para dirigir en el futuro dicha empresa. Por otro lado, se observa que los padres (padre y madre), no ven a sus hijas mujeres como posibles sucesores, estimulándolas a seguir los estudios. La situación es diferente para el hijo varón, donde muchas veces los comentarios de los padres son “a mi hijo nunca le gustó estudiar…”, lo cual lleva a que el varón siga dentro de la empresa. Hay situaciones donde los jóvenes expresan que no son respetados sus deseos de continuar o no con la tradición familiar.

Son comunes los casos donde luego de la muerte del titular, queda el hijo que siempre trabajó a su lado, y si éste no se preparó para dicha responsabilidad, se encuentra que el futuro titular no está capacitado para manejar el capital de toda una familia. En esta situación los hermanos que ven el negocio de afuera, preocupados por el capital que les corresponde, piden su parte, provocando una fragmentación de la empresa y muchas veces la disolución de la misma.

Los titulares de empresas de superficie reducida ven poco probable un relevo generacional de la empresa (herencia y sucesión) a sus hijos, por dos motivos: la empresa no es capaz de generar una renta adecuada para su retiro y en el caso de más de un heredero, la división de la propiedad la hace inviable por problemas de escala.

Por otro lado, es común escuchar a los jóvenes la falta de políticas de estado que apoyen la educación de jóvenes para ser empresarios agropecuarios y apoyo financiero para la compra o arrendamiento de campos. Algunos comentarios reflejan el tema, "…cada vez que consulté al Banco República (BROU) por préstamos para comprar tierra, no tenía, pero si tenían para comprar maquinaria…" o cuando si había "debía de venir a firmar la garantía mi padre…" (Rodriguez y otros, 2014).

Estas son algunos de los principales conceptos que ha podido rescatar el autor a partir de la experiencia vivida durante estos años como extensionista. Esto no implica, que también existen muchas experiencias positivas de familias que han logrado una integración generacional exitosa, las cuales fueron de insumo valioso para elaborar las principales estrategias que deben de abordar las familias para lograr buenos resultados.
De toda esta experiencia, se destacas algunas estrategias necesarias para lograr una integración generacional exitosa, la que estará dividida en dos partes, la primera donde se describen que deben de suceder en la interna de la familia y la segunda parte, se refiere al rol del extensionista para favorecer este proceso.

En la interna de la empresa familiar, lo primero que debe de ocurrir es separar lo relacionado a la familia y por otro lado lo relacionado a la Empresa.

Donde es importante, en la empresa definir los roles de los integrantes de la familia que trabaja en ella, con el propósito de saber claro su trabajo y por lo tanto sus responsabilidades. Un ejemplo, la relación de un padre y su hijo, es importante que en el trabajo se hable de "patrón" a "empleado" y en el cumpleaños de un nieto se hablen de padre a hijo, esto permitirá tratar los temas de trabajo en el ámbito laboral y los de la familia cuando hay un encuentro familiar. Por otro lado, los que trabajan deben cobrar acorde a su

tarea, con una remuneración similar al mercado laboral, para que no tenga "sueldo de hijo".

Para que todo ese proceso fluya de la mejor forma posible es necesario cultivar las siguientes actitudes y acciones entre todos los integrantes de una familia:

1. El primer requisito imprescindible, para que este proceso comience a funcionar es que el titular actual muestre determinadas actitudes, y comportamientos que indique su disposición a conversar sobre el tema con los demás integrantes de la familia. Si esto no ocurre, igual los hijos pueden plantear el tema a sus padres, para comenzar a conversar o presentar ciertas inquietudes.

2. Teniendo en cuenta el primer requisito, la principal herramienta para lograr resultados positivos es una comunicación efectiva y eficiente. Para esto, es necesario lograr una escucha activa, lo que implica primero entender lo que quiere decir la otra persona. Una forma de ayuda a esta comunicación es haciendo preguntas abiertas y dejar un tiempo para pensar.

3. Para que esto sea sentido por todos los integrantes, es necesario involucrar a todos los actores de la familia, trabajen o no en la empresa, por ejemplo, madre, padre, hijos, hijas y también los parientes políticos (yernos y nueras).

4. Para lograr que las cosas fluyan, es necesario fomentar un ambiente adecuado, que los posibles sucesores descubran los aspectos positivos que la empresa proporciona a la familia, tanto en lo económico como social, pero a su vez sean realista de lo que puede ofrecer y lo que no tiene opciones de ofrecer la empresa.

5. Todo lo planificado y acordado es necesario dejarlo por escrito, lo que compromete mucho más a todos los que participan, para evitar malos entendidos o conflictos posteriores.

6. Dar la misma oportunidad y posibilidad a todos los hijos, de elegir los que más deseen (hombres y mujeres), donde las opciones pueden ser de, quedarse en el campo, ir a trabajar a otro lugar, estudiar o la combinación.

7. Es necesario el compromiso por parte de todos en este proceso. La responsabilidad de iniciar y liderar el proceso es del fundador, pero los futuros sucesores deben de ir "ganándose su lugar", generando confianza, credibilidad y respeto por el actual titular, el resto de la familia y los que trabajan en la empresa.

INICIO
CRÉDITOS
COMITÉS
CONTENIDO
SECCIÓN I
SECCIÓN II
SECCIÓN III
SECCIÓN IV

8. Para los futuros sucesores es clave su preparación y formación, donde los futuros responsables deben tener la capacitación formal o informal necesaria con carreras acordes al futuro trabajo que desempeñaran en la empresa. Por esto traigo una frase de un profesional donde expresa que los hijos se deben capacitar "…como si no pudieran recurrir a la empresa familiar…".

9. También esos hijos, los futuros sucesores, logren experiencia previa, antes de incorporarse a la empresa familiar es conveniente que trabaje un mínimo de dos años en otra empresa, para lograr confianza en sí mismo, ganar seguridad, autonomía y respeto en la empresa.

10. La elección del futuro responsable de la empresa, debe recaer en el más apto para la tarea, muchas veces puede ser un sobrino, un tercero, no un hijo.

11. Para las empresas, es clave no crear puestos artificialmente, la incorporación de parientes debe de estar basada en la necesidad de la empresa y no usar otros criterios para su incorporación, por ejemplo "está sin trabajo", "hay que darle una mano".

12. Para todos los parientes, que están trabajando en la empresa deberá recibir una retribución salarial similar a sus responsabilidades a nivel de mercado, con el objetivo de evitar las comparaciones con el resto del personal, familiares y externos.

13. Por último y no menos importante, es clave el asesoramiento en los temas legales, por ejemplo, en Uruguay todos los hijos tienen el derecho de recibir herencia, "somos todos iguales ante la ley…".

Cada familia es una gran diversidad de situaciones de género y generacional, lo que las hace únicas, muy especiales y con códigos internos muy propio de la historia de cada uno de sus integrantes, la clave es apoyar toda esa energía. Por otro lado, el extensionista tiene un rol importante a cumplir en este proceso, para esto rescato algunos criterios a tener en cuenta.

Primero, es necesario que los integrantes de la familia entiendan que la presencia de un externo es para colaborar, facilitar con los procesos, pero los problemas y sus posibles soluciones, son responsabilidad de cada uno de los integrantes, no vemos con la solución, venimos a facilitar procesos complejos. Segundo, ese extensionista, debe de tener una mirada sistémica de todo el sistema familia – empresa, entendido como un integrante más, que acompaña y facilita los procesos de cambio dentro del núcleo familiar, respetando las lógicas de la toma de decisiones en las unidades familiares, donde muchas veces no son temas técnico-productivos, en cambio sí prevalecen los relacionado a la familia y el bienestar de esta. El profesional

en esta función debería de cumplir las características de, tener capacidad de escuchar atentamente las diferentes opiniones y sugerencia de todos los integrantes de la familia, para entender las diferentes miradas de un mismo sistema, buscar acercar las partes, acompañar y apoyar de cerca el proceso, en algunos casos facilitarlo e intervenir si la familia se lo pide. En cambio, nunca deberá imponer, ejecutar, ni ponerse en el lugar del otro, los problemas son de la familia y por lo tanto los deberían de resolver ellos.

IV.- Conclusiones

El relevo generacional es un proceso gradual, evolutivo y muchas veces imperceptible para los integrantes de la familia, siendo la gran prueba de fuego de las empresas familiares agropecuarias para que perduren en el tiempo. Para lograr con éxito este proceso es necesario lograr una integración generacional exitosa entre todos los integrantes de la familia.
En muchas familias, existe un conflicto latente, que es el momento en que las partes desean realizar este proceso, donde claramente la mayoría de los titulares no lo están pensando y en cambio los hijos desearían que ocurra este cambio dentro de pocos años.
A partir de lo observado como extensionista, hace falta hablar, escuchar y llegar a un acuerdo entre todos los integrantes de la familia, los que están en el predio, pero también los que se fueron, además de los parientes "políticos", y siempre respetando los "códigos internos" que existen en toda familia, en el caso que se rompan estos códigos, habrá personas que no entiendan el relevo como exitoso.

Para que todo este proceso sea exitoso es necesario fomentar la comunicación, ser positivo, el trabajo en equipo, potenciar las diferencias, que todos los integrantes de la familia tengan capacidad de "negociación", y adaptación a las nuevas condiciones productivas, económicas y sociales.

Al ser un tema "tabú" y muy personal, es clave el papel del extensionista, en un proceso de acompañar y facilitar, con el objetivo de sensibilizar y colocar la temática a la interna de la familia, siempre respetando la lógica de la toma de decisiones de la familia, el éxito es responsabilidad de todos.

V.- Agradecimientos

Quiero agradecer a todos los integrantes de cada una de las familias, que siempre abrieron la puerta de su casa, de su empresa, compartiendo sentimientos y sensaciones, lo que me permitió crecer como persona y profesional.

VI.- Bibliografía

Perrachon, J. 2011. Relevo generacional en predios ganaderos del Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. Uruguay. Tesis: Maestría en Desarrollo Rural Sustentable.

Perrachon, 2012. Relevo Generacional. ¿Cuándo deseo que ocurra? Consecuencia y posibles soluciones. Revista Plan Agropecuario N°114. Uruguay.

Rodriguez, R., Cabera, G., Bacigalupe, F., Toledo, M., Perrachon, J., Vernengo, J., Blixen, C. 2014. Seminario Taller: hacia una política de apoyo al Relevo Generacional. ¿Cómo viven las familias rurales el Relevo Generacional y que se puede hacer? MGAP. Montevideo. Uruguay.

Perrachon, J. 2016. Una Integración Generacional exitosa permite un Relevo planificado. Revista Plan agropecuario N° 158. Uruguay.

Lecciones Aprendidas sobre el Intercambio Generacional en el Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible

Lessons Learned about Generational Exchange in the Colombian Sustainable Cattle Ranching Project

Zoraida Calle Díaz, Alicia Calle Díaz

CIPAV, Carrera 25 # 6-62, Cali, Colombia, The Nature Conservancy, Colombia

Resumen

El envejecimiento de los agricultores y ganaderos a escala global está muy relacionado con el éxodo de los jóvenes rurales hacia las ciudades ante la falta de oportunidades en el campo. Los esfuerzos que hacen actualmente algunos ganaderos en América Latina para adoptar prácticas productivas sostenibles y de restauración ecológica en sus predios no podrán lograr un efecto perdurable en los paisajes si no tenemos éxito en ofrecer condiciones atractivas para los jóvenes en el medio rural. El proyecto Ganadería Colombiana Sostenible promovió la transición hacia sistemas silvopastoriles en una escala sin precedentes en América Latina. Aunque el intercambio generacional no fue un objetivo explícito de este proyecto, la preocupación del equipo técnico y de los ganaderos participantes por la falta de relevo en el campo, motivó el comienzo de un diálogo intergeneracional a través de los talleres ofrecidos a los Herederos Silvopastoriles. Este artículo resume algunos hallazgos y recomendaciones de varios extensionistas y científicos del Proyecto, propietarios de fincas demostrativas y Herederos Silvopastoriles, para integrar el diálogo intergeneracional como un objetivo esencial de los proyectos de ganadería sostenible. Se discuten en detalle varias ideas que se desprenden de las siguientes recomendaciones generales: 1. Visibilizar las contribuciones de los jóvenes; 2. Fortalecer sus capacidades; 3. Generar oportunidades para los jóvenes a través de actividades complementarias a la ganadería, y 4. Crear oportunidades para los jóvenes a través de procesos de generación de conocimiento.

Abstract

The aging of farmers and ranchers on a global scale is closely related to the exodus of rural youth to the cities due to the lack of opportunities in rural areas. The efforts currently being made by some ranchers in Latin America to adopt sustainable production and ecological restoration practices on their farms will not have a lasting effect on landscapes unless we succeed in creating attractive conditions for young people in rural areas. The Colombian Sustainable Cattle Ranching project promoted the transition to silvopastoral

systems on an unprecedented scale in Latin America. Although the generational exchange was not an explicit objective of this project, the concern of the technical team and the participating farmers about the lack of generational renewal, was a motivation to open an intergenerational dialogue through the workshops offered to the Silvopastoral Heirs. This article summarizes some findings and recommendations of various extension agents and scientists of the Project, demonstration farm owners and Silvopastoral Heirs, to integrate intergenerational dialogue as an essential objective of sustainable livestock projects. Several ideas derived from the following general recommendations are discussed in detail: 1. Make the contributions of young people visible; 2. Strengthen their capacities; 3. Generate opportunities for youth through activities that complement livestock production, and 4. Create opportunities for them through knowledge generation processes.

Introducción

Existe una enorme preocupación a escala global por el envejecimiento de los agricultores y ganaderos y el éxodo de la juventud rural ante la falta de oportunidades en el campo (Heide-Ottosen 2014, White 2020). El reto de garantizar la sostenibilidad de los predios rurales y sistemas alimentarios nos exige plantear estrategias innovadoras que puedan destacar la vida rural como una opción de vida viable para los jóvenes (Henriques 2019). Este artículo resume algunos hallazgos y lecciones aprendidas del proyecto Ganadería Colombiana Sostenible sobre las limitaciones y oportunidades que existen para lograr una participación efectiva de los jóvenes en la ganadería silvopastoril. Se discuten en detalle varias ideas que se desprenden de las siguientes recomendaciones generales: 1. Visibilizar las contribuciones de los jóvenes; 2. Fortalecer sus capacidades; 3. Generar oportunidades para los jóvenes a través de actividades complementarias a la ganadería, y 4. Crear oportunidades para los jóvenes a través de procesos de generación de conocimiento.

Métodos

Para sistematizar los hallazgos y lecciones aprendidas del proyecto Ganadería Colombiana Sostenible (GCS), se siguieron tres pasos metodológicos.

- Revisión de la literatura científica existente sobre el papel de la juventud en los sectores ganadero y ambiental con énfasis en Colombia y América Latina. La revisión de literatura proporcionó una comprensión general de las brechas y limitaciones conocidas para la participación de los jóvenes en el sector ganadero, y los enfoques, actividades y acciones que se pueden aplicar para abordarlas.

- Entrevistas realizadas por Alicia Calle en agosto de 2020 a productores, integrantes del grupo Herederos Silvopastoriles, extensionistas y profesionales del proyecto GCS, sobre sus perspectivas relacionadas con la participación de los jóvenes en el Proyecto y las sugerencias para mejorar su inclusión en otras iniciativas similares (Tabla 1). Las entrevistas y otras fuentes primarias fueron útiles para entender las limitaciones y oportunidades que existieron en contexto del Proyecto. Las entrevistas también dieron voz a las experiencias y vivencias de las partes interesadas, con el fin de proponer estrategias realistas para promover una participación de los jóvenes en iniciativas similares a GCS.
- Información primaria recopilada en 2017 a través de encuestas y entrevistas con más de 200 ganaderos, extensionistas, personal técnico y científico del proyecto, y visitas de campo realizadas durante la implementación del proyecto GCS.

Tabla 1. Personas entrevistadas para documentar los aprendizajes del Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible sobre juventud

- **Daniela Rodríguez**, Finca Demostrativa Tréquina, Arauca, Heredera Silvopastoril
- **Blanca Raquel Guerrero**, Finca Demostrativa Sion, Meta
- **Claudia Durana**, Finca Demostrativa El Silencio, Cundinamarca, productora y madre de dos herederos silvopastoriles
- **Sandra Carbonell**, Finca Demostrativa Los Chagualos, Valle del Cauca
- **Catalina Mejía**, Finca Demostrativa Manaca, Córdoba
- **Familia Chindicué**, Finca Demostrativa Los Pomos, Caquetá, dos herederas silvopastoriles
- **Mauricio Mejía**, Finca Demostrativa San José, Valle del Cauca; Heredero Silvopastoril
- **Ángela Vargas**, Finca Demostrativa La Pradera, Boyacá; Heredero Silvopastoril
- **Bernardo Murgueitio**, Finca Cien Años de Soledad, Antioquia; Heredero Silvopastoril
- **Diana Chica**, Fedegan - Equipo implementador del Proyecto GCS, Bogotá
- **Adriana Danzo**, Fedegan - Equipo implementador del Proyecto GCS, Bogotá
- **Manuel Gómez**, Fedegan, Bogotá, director general del Proyecto GCS
- **José Luis Sosa**, CIPAV- Proyecto GCS, extensionista, región de los Llanos
- **Daniel Candamil**, CIPAV- Proyecto GCS, extensionista, región de Tolima
- **Francisco Dulcey**, CIPAV- Proyecto GCS, extensionista, región de Santander
- **América Melo**, líder del proyecto TNC, Bogotá
- **Enrique Murgueitio** CIPAV, Cali, instructor de Herederos Silvopastoriles
- **Zoraida Calle**, ELTI-CIPAV, Cali, instructora de Herederos Silvopastoriles

Resultados y discusión

Hallazgos del Proyecto GCS

- Uno de los argumentos de los productores para evitar la participación directa de los niños y jóvenes en el manejo del ganado es el riesgo de lesiones físicas. En los sistemas ganaderos convencionales (sin árboles), factores como el estrés térmico de los animales, la prevalencia de enfermedades y la baja oferta de forrajes de calidad, conllevan a prácticas violentas de manejo que aumentan el riesgo de lesiones. Sin embargo, las condiciones propias de los sistemas silvopastoriles (reducción del estrés por calor y mejoramiento de la salud y la nutrición) mejoran significativamente el bienestar animal, lo cual conduce a un comportamiento más relajado y dócil de los animales. De este modo, el manejo del ganado se convierte en una tarea más fácil y segura, que no requiere fuerza física ni violencia. Esto abre un espacio para la participación activa de los jóvenes y las mujeres.
- Aunque la ganadería fue la principal actividad productiva en la mayoría de las fincas participantes en el proyecto GCS, el éxito productivo de las fincas ganaderas depende en última instancia de una variedad de actividades que no siempre se relacionan con el manejo directo del ganado. Esto abre oportunidades para aumentar la participación de los jóvenes. Para lograr esto, los proyectos deben generar y apoyar espacios donde los jóvenes puedan contribuir al éxito económico y ambiental de las fincas, más allá de la producción ganadera.
- Los menores de 15 años ofrecen las mejores oportunidades para trabajar con los jóvenes directamente en los predios ganaderos porque muchos niños pequeños viven en las fincas. Según el personal del proyecto GCS, los jóvenes mostraron curiosidad, deseos de aprender y entusiasmo para participar en actividades prácticas, especialmente aquellas que se llevan a cabo al aire libre. Dos socios de la alianza del Proyecto GCS (The Nature Conservancy y CIPAV) desarrollaron publicaciones y ofrecieron talleres para los niños sobre temas relacionados con la ganadería sostenible y la biodiversidad.
- Por otro lado, las oportunidades para trabajar con jóvenes mayores de 15 años en las fincas ganaderas son más limitadas. El personal del Proyecto observó que los adolescentes suelen ausentarse de las fincas, bien sea porque estudian o porque se han trasladado a la ciudad. Cuando están presentes en los predios, con frecuencia están ocupados en las tareas del hogar. Sin embargo, los extensionistas del Proyecto mencionaron ejemplos notables de jóvenes interesados en la finca familiar que podrían beneficiarse del apoyo directo de un proyecto.
- La dispersión geográfica de las fincas del proyecto GCS planteó un desafío para la planificación de actividades grupales con los jóvenes, especialmente considerando que algunos no viven en las fincas. Cuando

sea posible, las actividades dirigidas a los jóvenes deben planificarse en coordinación con las escuelas o instituciones educativas locales, especialmente aquellas que tienen un enfoque agrícola. Con una planificación oportuna, los temas relacionados con el proyecto podrían articularse con los Proyectos Ambiental Escolares (PRAE) de las instituciones educativas.

- Los talleres de *Herederos Silvopastoriles: Ganadería Sostenible y Restauración Ecológica en Fincas Piloto* ofrecidos en 2017 y 2018, fueron esfuerzos prometedores para involucrar a los jóvenes en el proyecto GCS. Estos eventos de capacitación reunieron a hijos de ganaderos propietarios de fincas demostrativas, comprometidos con la formación de otros productores ganaderos. Esta iniciativa liderada por CIPAV, proporcionó un espacio para el intercambio generacional de conocimientos y experiencias, y la transmisión de valores vinculados a la producción y conservación sostenible. Muchos participantes recuerdan el taller como una experiencia memorable, y le atribuyen su mayor motivación para involucrarse en las actividades de las fincas. Los instructores también destacan el valor de trabajar con jóvenes en una edad en la que los roles de género no están plenamente consolidados.

Recomendaciones para nuevas iniciativas de ganadería sostenible

1. Visibilizar las contribuciones de los jóvenes

El verdadero alcance de la contribución de los jóvenes al sector ganadero aún no se comprende bien, y en gran medida, ha permanecido invisible. Reconocer las contribuciones de los jóvenes es el primer paso para empoderarlos y lograr que se conviertan en participantes más proactivos (Basnett *et al*. 2017) en la ganadería sostenible. Es muy importante conocer y cuantificar estas contribuciones para darle al trabajo de los jóvenes el reconocimiento que se merece. Para lograr esto, se debe documentar esta información durante las primeras etapas de los proyectos. Estas son algunas recomendaciones específicas:

- Los proyectos deben investigar y documentar el alcance del trabajo de los jóvenes en el sector ganadero. Esta investigación debe dar cuenta del trabajo remunerado y no remunerado, y los beneficios monetarios y no monetarios que de él se derivan (García-Reyes & Wiig, 2020). El reconocimiento público del aporte de los jóvenes es necesario para posibilitar su acceso a servicios e información, y su participación en mercados diferenciados y justos (Triana Ángel & Burkart, 2019).
- Crear premios para destacar el trabajo de los jóvenes en los proyectos. Los proveedores de servicios de extensión podrían nominar a los jóvenes y los ganadores recibirían apoyo en especie para mejorar aún más sus fincas y

ser destacados en los medios de comunicación. Los premios crean un incentivo saludable para otros jóvenes productores, dan visibilidad a aquellos que están progresando, y destacan los esfuerzos de inclusión de los proyectos.

- La participación activa de los jóvenes debería ser un criterio de selección de nuevas fincas demostrativas. Esta red de fincas es fundamental para la difusión de un modelo de ganadería sostenible, por lo cual se debe dar preferencia a los predios donde los jóvenes ya son protagonistas o están dispuestos a participar activamente.
- Los eventos de los proyectos (por ejemplo, foros regionales y seminarios) deben hacer un esfuerzo por incluir jóvenes entre sus ponentes, incluyendo ganaderos, extensionistas e investigadores, entre otros. Esto contribuye a normalizar su presencia en el sector enviando un potente mensaje de inclusión.
- Los nuevos proyectos deberían considerar la posibilidad de conformar equipos de mentores integrados por ganaderos experimentados que proporcionarían un sistema de apoyo a los jóvenes.

2. Fortalecer las capacidades de los jóvenes

El éxodo de la juventud rural a las ciudades se atribuye con frecuencia a la falta de oportunidades económicas y a los desafíos de la vida rural (Departamento Nacional de Planeación 2014). Esto se debe en parte a que las explotaciones ganaderas se han centrado en la producción de bienes primarios sin transformación. Una docente entrevistada señaló que muchos jóvenes elegirían quedarse, si las fincas ofrecieran mejores oportunidades. Los proyectos que promueven la ganadería sostenible deben identificar a los jóvenes rurales que ya están motivados, y apoyarlos a través de becas, actividades de fortalecimiento de capacidades y tutorías que puedan conducir a la generación de ingresos, a través de oportunidades laborales y agregación de valor de los productos agrícolas.

- Fomentar y facilitar la participación activa de los jóvenes en reuniones, capacitaciones prácticas, jornadas de campo y visitas a fincas. Algunos jóvenes entrevistados mencionaron que las visitas a fincas demostrativas les permitieron visualizar el potencial de transformación de sus propias fincas. Incluso si no son los principales responsables de la toma de decisiones, los jóvenes pueden ejercer una influencia la adopción de ciertas prácticas. El equipo de los proyectos debe intentar comprender y documentar la influencia sutil de los jóvenes, y las formas en que sus preferencias se reflejan en decisiones productivas.
- Con base en las experiencias anteriores de CIPAV y otros miembros de la Alianza del proyecto GCS, las actividades de educación ambiental deben extenderse a los niños pequeños en las fincas participantes y sus

alrededores. Talleres de obsequio de libros, lectura y dibujo, actividades al aire libre como visitas a fincas y el monitoreo participativo ofrecen oportunidades para involucrar a los niños y sensibilizarlos hacia los temas ambientales desde edades tempranas. Cuando sea posible, estas actividades deben diseñarse para involucrar a toda la familia ganadera.

- Desde el principio, los proyectos deben identificar las instituciones educativas de sus regiones de influencia, el enfoque de sus PRAE y los nombres de los docentes interesados en la ganadería sostenible y los recursos naturales. Esto permitirá planificar actividades del proyecto alineadas con los intereses de las instituciones educativas y apoyar a los docentes sin agobiarlos. Cuando sea posible, las actividades educativas deberán llevarse a cabo en coordinación con las escuelas de tal modo que puedan beneficiar a un público más amplio.
- Expandir iniciativas similares a los Herederos Silvopastoriles de tal modo que puedan tener financiamiento para apoyar y darles seguimiento continuo a los líderes juveniles. El movimiento de los Herederos Silvopastoriles se basa en una idea simple pero poderosa: facilitar un diálogo intergeneracional que ayude a la siguiente generación a visualizar un futuro sostenible y digno en la finca. A pesar de no haber tenido un seguimiento adecuado, la participación en los talleres de Herederos Silvopastoriles fue transformadora para muchos jóvenes y logró acercarlos a su familia y su tierra.
- Los extensionistas y otras personas que trabajan directamente en el campo deben recibir capacitación sobre métodos de extensión que incluyan a toda la familia (Farnworth, 2015). La participación familiar en el proceso de planificación es especialmente importante porque les permite a las mujeres y los jóvenes visualizar el papel que ellos mismos podrían tener en el futuro de la finca.
- Es importante promover la participación de los ganaderos jóvenes en estrategias de extensión grupal tales como los Grupos de Mejoramiento Ganadero y Círculos de Excelencia. Los métodos de aprendizaje en grupo pueden fomentar la colaboración, la amistad y el respeto entre pares. Según un ganadero, su Círculo de Excelencia no solo le permitió aprender y enseñar a otros; también le ayudó a construir un sólido sistema de apoyo con productores vecinos.

3. Generar oportunidades para los jóvenes a través de actividades complementarias a la ganadería

Las estrategias de inclusión de la juventud deben apoyar una variedad de actividades para fortalecer al predio rural en su conjunto, más allá de la ganadería. Algunos ejemplos de actividades apropiadas para los jóvenes que pueden alinearse con los objetivos de ganadería sostenible son la crianza de

especies menores, la producción de material vegetal, la preparación de ensilaje y el procesamiento de productos agrícolas.

Los jóvenes rurales hacen contribuciones importantes al trabajo ganadero, que a menudo no se pagan. Es esencial generar oportunidades para que los jóvenes obtengan ingresos propios a partir de este trabajo con el fin de beneficiar los medios de vida y el negocio familiar en el largo plazo.

La adopción de prácticas silvopastoriles ofrece una variedad de oportunidades para proporcionar ingresos adicionales a los jóvenes, lo cual en sí mismo es un incentivo para su participación (Gumucio *et al*., 2015). Las oportunidades de generación de ingresos deben ser compatibles con la normatividad laboral y las responsabilidades escolares. Además, estas oportunidades deben basarse en los intereses y capacidades de los jóvenes. Por ejemplo:

- Cultivos como tubérculos, cereales, frutas y verduras se pueden integrar en los bancos de forraje y setos forrajeros con el fin de fortalecer la soberanía alimentaria y proporcionar productos para la venta en mercados locales.
- Las plantas forrajeras que se cultivan para el ganado también son adecuadas para especies menores como aves de corral, conejos, peces y ovejas. Estas plantas se pueden mantener cerca de la casa con mínima supervisión y se pueden comercializar como forrajes deshidratados o ensilajes. La venta de estos productos puede generar un flujo de ingresos constante para los jóvenes.
- Las abejas melíferas y las abejas nativas sin aguijón se pueden integrar en los sistemas silvopastoriles mediante la instalación de cajas de madera en los árboles de sombra y el cultivo de plantas con flores para producir miel orgánica, cera de abeja y polen.
- El abastecimiento de semillas de calidad (por ejemplo, especies forrajeras como botón de oro *Tithonia diversifolia* y tilo *Sambucus* sp.) para la implementación de sistemas silvopastoriles intensivos fue un desafío importante del proyecto GCS. Con una capacitación adecuada, los grupos de jóvenes podrían ofrecer semillas forrajeras de calidad para proyectos de ganadería sostenible, con lo cual se superaría este cuello de botella y se crearía una oportunidad de negocio para los jóvenes.
- Ofrecer oportunidades de capacitación a la medida de los jóvenes. Las limitadas oportunidades que existen en el medio rural para el desarrollo de capacidades están dirigidas principalmente a los adultos. Sin embargo, la capacitación es esencial para empoderar a los jóvenes como participantes más activos en el manejo de las fincas como empresas familiares.

- Cuando los jóvenes proporcionan servicios a los proyectos, los pagos deben hacerse directamente a ellos en vez de al propietario registrado. Esto no solo garantiza la distribución de beneficios (Kristjanson *et al*., 2018) sino que hace que el trabajo de los jóvenes sea visible, lo cual contribuye a su autonomía y dignidad.
- En varias fincas ganaderas no se aprovecha una variedad de recursos que ya se producen, tales como los frutos de la palma *Acrocomia aculeata*, ricos en aceite, la nuez de cacay *Caryodendron orinocense*, y otros árboles con valiosos aceites esenciales como nim y eucalipto. Un inventario de estos recursos subutilizados podría ayudar a identificar aquellos con potencial comercial.
- La transformación de los productos ganaderos es una de las mejores oportunidades para agregar valor y generar ingresos adicionales. Los productos transformados permiten capturar el precio total de mercado (Kristjanson *et al*., 2019). Los productos silvopastoriles diferenciados, que atienden a un tipo particular de consumidor, tienen potencial para participar en mercados verdes. Sin embargo, la transformación de productos para el mercado requiere capacitación adecuada.
- Obtener oportunidades de ingresos a través de la transformación de productos implica mucho más que el procesamiento. Los jóvenes que buscan vender productos ganaderos transformados necesitarán capacitación en temas como la seguridad e inocuidad de los alimentos, las normas y permisos sanitarios y la comercialización de productos. Los proyectos deben estar preparados para apoyar a los grupos de jóvenes a través de capacitaciones técnicas. Los complejos trámites para obtener los registros de INVIMA e ICA plantean un obstáculo en Colombia. Así lo experimentó un grupo de jóvenes en Meta que optaron por abandonar su plan de comercializar ensilaje. Por lo tanto, los proyectos deben apoyar las negociaciones de alto nivel con las autoridades.
- Los registros sistemáticos son una herramienta esencial para el mejoramiento de las fincas. Sin embargo, muchos predios ganaderos carecen de registros completos. Con frecuencia, los jóvenes llevan el registro de datos importantes (reproducción y salud animal, cifras de producción), casi siempre de manera informal. La capacitación sobre los aspectos básicos de los registros productivos (cuáles datos registrar y con qué frecuencia, métodos simples para hacerlo) y el procesamiento de estos datos puede ser una herramienta importante para la toma de decisiones productivas y el empoderamiento de los jóvenes.
- Muchos jóvenes necesitan desarrollar habilidades financieras para administrar los ingresos. Los proyectos deben ofrecer capacitación básica en contabilidad para calcular los costos y ganancias, aprender a cobrar facturas o acceder al crédito. Los métodos de enseñanza deben lograr que estos conceptos sean accesibles para todos los jóvenes, independientemente de su nivel educativo.

- Muchos jóvenes se beneficiarían de una formación básica sobre la salud del ganado, que les permita aprender a vacunar los animales y diagnosticar y tratar enfermedades comunes. Una capacitación sobre los rasgos deseables que deben buscar al comprar ganado también sería muy útil para los ganaderos jóvenes (Distefano, 2013).
- Unir fuerzas y trabajar juntos es una forma efectiva de lograr que los jóvenes rurales tengan acceso a las oportunidades de generación de ingresos. Es importante educar a los jóvenes sobre las ventajas de las asociaciones y cooperativas, y facilitar la formación y el fortalecimiento de estas organizaciones con el fin de empoderarlos de tal modo que puedan superar colectivamente barreras comunes como el acceso a la financiación, la mano de obra, el transporte y los mercados (Distefano, 2013; Kiptot & Franzel, 2012; Kristjanson *et al*., 2019). La capacitación en liderazgo y habilidades de negociación podrían considerarse en una etapa posterior para las personas que quieran asumir el desafío de liderar estos procesos (Kristjanson *et al*., 2019).
- Las capacitaciones relacionadas con la tecnología pueden aumentar la participación de los jóvenes rurales mayores de 15 años. Esto incluye la formación básica en el uso de GPS y drones para la medición y el monitoreo de las propiedades rurales.
- Capacidades como el desarrollo de sitios web, la fotografía, la creación de videos, e incluso el desarrollo de aplicaciones, podrían enseñarse a través de ejercicios como la creación de un sitio web para la finca, un video para promover la venta de ganado o una aplicación relacionada con el sistema productivo. Un ejemplo de esto es Comproagro.com, una plataforma web creada por la hija de una pareja de agricultores, que ayuda a los productores rurales a ofrecer y vender directamente a los compradores, eliminando así la intermediación. Con la capacitación y la orientación adecuadas, los jóvenes motivados por la tecnología podrían hacer contribuciones significativas al mercadeo y otros aspectos de sus fincas al tiempo que adquieren capacidades útiles.
- Para los jóvenes rurales más inclinados al trabajo práctico, pueden resultar atractivas las capacitaciones que desarrollan sus competencias técnicas y los hacen empleables. Por ejemplo, la experiencia en la instalación, mantenimiento y reparación de cercas eléctricas es una destreza muy deseable en las áreas rurales. Los problemas con las cercas eléctricas son comunes. Por lo tanto, los equipos de extensión y los ganaderos se beneficiarían de tener un grupo confiable de jóvenes capacitados para brindar apoyo técnico cuando sea necesario. Otros temas potenciales incluyen: tecnologías de recolección de lluvia, paneles solares, bombas hidráulicas y solares, arietes, molinos de viento, micro-generadores, sistemas de ordeño automático (calibración y reparación), tanques de enfriamiento, básculas para ganado (mantenimiento) y corrales etológicos

para el manejo de los animales. Se recomienda buscar alianzas para certificar este tipo de formación técnica.

- Siempre que sea posible, las oportunidades de capacitación deberán estar ligadas a una red de fincas demostrativas. Estos predios son ideales para articular múltiples temas de capacitación y aprovechar el conocimiento local que ya existe en el sitio. Se debe estimular y guiar a los jóvenes de estas fincas para que desarrollen sus propias habilidades de capacitación y sean participantes activos en los eventos (Farnworth, 2015).

Restauración ecológica

- La integración de árboles y prácticas de restauración ecológica en las fincas ganaderas ofrece oportunidades para mejorar la soberanía alimentaria y generar ingresos adicionales para los jóvenes. Estas oportunidades provienen de actividades como la siembra de alimentos asociada a los forrajes, la producción de miel y la venta de plántulas y semillas de árboles nativos para proyectos de restauración.
- Los proyectos deben aprovechar el decenio de Restauración Ecológica declarado por la ONU a través del desarrollo de capacidades a los jóvenes para la restauración forestal. Los jóvenes pueden participar en iniciativas de restauración a través de la formación de redes para la identificación de árboles semilleros y la recolección de semillas de árboles nativos, la formación de viveros comunitarios o domésticos para la producción, venta e intercambio de plántulas, o la formación de cuadrillas de reforestación.
- Los proyectos que contemplan la liberación de áreas para restauración forestal requieren plántulas de árboles nativos. Dado que la oferta actual de especies nativas en los viveros comerciales sigue siendo limitada en varios países, la producción de árboles dependerá de pequeños viveros locales. Esto crea una oportunidad para los jóvenes, quienes, con una capacitación adecuada, podrían producir una variedad de plántulas de calidad para los proyectos. Los extensionistas del proyecto GCS observaron que muchas mujeres tienen un talento especial para la producción de árboles en viveros y los jóvenes se inclinan por la plantación de árboles.
- La restauración de los bosques en las fincas ganaderas también crea oportunidades para la obtención de productos forestales no maderables de alto valor (por ejemplo: vainilla, jengibre, cardamomo, resinas y plantas medicinales y ornamentales). Es recomendable hacer ensayos a pequeña escala en las fincas demostrativas, y explorar oportunidades para vincular a los grupos de jóvenes con organizaciones que tienen experiencia en estas cadenas de valor.

4. *Crear oportunidades para los jóvenes a través de procesos de generación de conocimiento*.

La participación de los jóvenes en actividades de monitoreo e investigación contribuye a desarrollar sus habilidades y confianza, y fortalece su sentido de pertenencia y conexión con su sistema socio-ecológico (Ballard, Dixon y Harris, 2017; Triana Ángel y Burkart, 2019). Los jóvenes pueden integrarse en las actividades de investigación de varias formas:

- Los equipos de monitoreo de los proyectos requieren apoyo local con la logística, recopilación de datos y otras tareas. La formación de grupos selectos de jóvenes como asistentes de investigación ofrecería ayuda confiable *in situ* para los equipos de monitoreo y oportunidades únicas para el desarrollo de habilidades y el aprendizaje científico y práctico de los jóvenes rurales. La experiencia de CIPAV sugiere que incluso los asistentes muy jóvenes desarrollan responsabilidad, rigor científico y otras habilidades importantes. La partición de menores de edad puede ser compensada con un apoyo para su educación (Calle *et al*. 2017). Varios temas de monitoreo ofrecen oportunidades para la participación de los jóvenes. Los escarabajos estercoleros y macroinvertebrados acuáticos podrían ser apropiados para niños pequeños. El monitoreo de cambios de uso de la tierra con drones o la vida silvestre con cámaras trampa atrae a los adolescentes; y la fenología, la identificación, la supervivencia y el crecimiento de los árboles podrían ser apropiados para jóvenes de todas las edades.
- Una de las funciones de las fincas demostrativas es probar innovaciones tecnológicas y nuevos arreglos silvopastoriles. Sin embargo, para validar este conocimiento aplicado es necesario monitorear los sistemas en varias fincas y regiones, lo cual representa un desafío para los proyectos, que normalmente tienen personal limitado. Con un proceso adecuado de capacitación para garantizar la toma ordenada y rigurosa de los datos rigurosos, los jóvenes podrían apoyar los esfuerzos de investigación en múltiples sitios.

  Una recomendación final es que los proyectos no deben suponer que todos los miembros de la familia comparten los mismos canales de comunicación (Kristjanson *et al*., 2019). Los mensajes deben estar dirigidos específicamente a los jóvenes utilizando métodos creativos y proporcionando mecanismos de retroalimentación.

Conclusiones

Motivar a los jóvenes para que construyan sus proyectos de vida en el campo es un reto que debemos atender urgentemente para evitar que los avances que ha logrado la ganadería silvopastoril durante las últimas décadas se

pierdan en la generación actual. Iniciativas como el Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible dejan importantes lecciones aprendidas y sugerencias con base en las oportunidades identificadas por el equipo técnico y los productores participantes. Sin embargo, es esencial que la integración generacional sea un objetivo explícito de estas iniciativas, con actividades, indicadores y presupuesto, de tal modo que los proyectos puedan contribuir en forma efectiva a motivar y empoderar a los jóvenes para contribuir a la ganadería sostenible y la restauración de los ecosistemas.

Bibliografía

Ballard H L, Dixon C G H, Harris E M. 2017. Youth-focused citizen science: Examining the role of environmental science learning and agency for conservation. Biological Conservation, 208, 65–75.

Basnett B S, Elias M, Ihalainen M, Valencia A M P. 2017. Gender matters in Forest Landscape Restoration. Center for International Forestry Research (CIFOR).

Calle Z, Murgueitio E, Giraldo J A, Giraldo A M, Giraldo E. 2017. Investigación participativa para la restauración y la producción agroecológica. En: E. Ceccon & D. R. Pérez. (Eds.), Más allá de la ecología de la restauración: perspectivas sociales en América Latina y el Caribe (pp. 203–216).

Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Vázquez Mazzini Editores.Calle, A. 2020. Gender and Youth Strategies for Scaling-up the Colombian Mainstreaming Sustainable Cattle Ranching (CMSCR). Informe de consultoría, presentado al Banco Mundial.

Departamento Nacional de Planeación (Dirección de Desarrollo Rural Sostenible – DDRS, Dirección de Desarrollo Social – DDS, Equipo de la Misión para la Transformación del Campo). 2014. Diagnóstico de las condiciones sociales del campo colombiano. Bogotá, Colombia.

Distefano, F. 2013. Understanding and integrating gender issues into livestock projects and programmes: a checklist for practitioners. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Roma, Italia.

Farnworth C R. 2015. Gender, livestock and reducing greenhouse gas emissions in Costa Rica. CCAFS Working Paper no. 149. CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS), Copenhague, Dinamarca.

Heide-Ottosen S. 2014. The ageing of rural populations: evidence on older farmers in low and middle-Gender and Youth in CMSCR 30 income countries. HelpAge International: Londres, Reino Unido.

Henriques, M. 2019. The ageing crisis threatening farming. https://www.bbc.com/future/bespoke/follow-the-food/the-ageing-crisis-threatening-farming/

García-Reyes P, Wiig H. 2020. Reasons of gender. Gender, household composition and land restitution process in Colombia. Journal of Rural Studies, 75, 89-97.

Gumucio, T., Mora Benard, M. A., Clavijo, M., Hernández, M. C., Tafur, M., & Twyman, J. 2015. Silvopastoral systems in Latin America: mitigation opportunities for men and women livestock producers. CCAFS Policy Brief. CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS), Copenhagen, Denmark.

Kiptot E, Franzel S. 2012. Gender and agroforestry in Africa: a review of women's participation. Agroforestry Systems, 84(1), 35–58.

Kristjanson, P., Bah, T., Kuriakose, A., Shakirova, M., Segura, G., Siegmann, K., & Granat, M. 2019. Taking Action on Gender Gaps in Forest Landscapes. The World Bank.

Kristjanson, P., Siegmann, K., Afif, Z., Manchester, K., & Gurung, J. 2018. Enhancing effectiveness of forest landscape programs through gender-responsive actions. Center for International Forestry Research (CIFOR), Bogor, Indonesia.

Triana Ángel N, Burkart S. 2019. Between silences and opportunities Gender and bovine livestock in Latin America, a state of the question. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

White B. 2020. Agriculture and the generation problem. Practical Action Publishing, Rugby, Reino Unido http://dx.doi.org/10.3362/9781780447421

Topofilia, identidad territorial y arraigo por la tierra: El intercambio entre jóvenes como alternativa a la desconexión con el campo

Bernardo Murgueitio Calle

Heredero Silvopastoril. Cali, Colombia

Resumen

Las transformaciones ambientalmente positivas en la ganadería, que incluyen prácticas como el establecimiento de Sistemas Silvopastoriles, requieren una serie de transformaciones en las actitudes y valores de las personas que deciden sobre los usos que se le dan al suelo. La promoción y adopción de tales valores se convierte entonces en un proceso a largo plazo en el que se necesita la participación de un grupo ampliado de personas dentro de cada predio, en el que son actores claves los jóvenes. Esto genera la necesidad de enfrentarse a las realidades de migración de jóvenes rurales hacia las ciudades. Si bien son necesarias políticas encaminadas a brindar mejores posibilidades para realizar proyectos de vida, igual de importante es la resignificación de valores subjetivos en torno a la vida rural. Para esto, se propone la aplicación de tres conceptos: topofilia, identidad territorial y arraigo por la tierra, que pueden servir para orientar la creación de metodologías que otorguen valor al campo e incentiven a los jóvenes a quedarse, y que a su vez se pueden integrar a proyectos de intercambio generacional como el de los Herederos Silvopastoriles.

Palabras clave: *valores subjetivos, topofilia, identidad territorial, arraigo por la tierra, intercambio generacional, resignificación de la vida rural.*

Abstract

Positive environmental transformations in livestock production, which include practices such as the establishment of Silvopastoral Systems, require a series of transformations in the attitudes and values of the actors that decide on land uses. Because of this, the promotion and adoption of such values becomes a long-term process, in which the participation of an expanded group of people within each rural property is needed. In this process, the youth are key for the success of transformations. To do this implies facing the reality of rural youth migration to urban areas. Although policies that provide better possibilities for the acomplishment of life projects are needed, equally important is the resignification of subjective values around rural life. For this, the application of three concepts is proposed: topophilia, territorial identity and rootedness to the land, which can guide the

creation of methodologies that value the rural life and encourage young people to stay, and that in turn can be integrated into intergenerational exchange projects such as the Silvopastoral Heirs.

Keywords: *subjective values, topophilia, territorial identity, rootedness to the land, generational exchange, resignification of rural life.*

El tránsito hacia sistemas sostenibles de producción agropecuaria es un imperativo de nuestros tiempos. La ganadería bovina, al ser nuevamente reconocida como uno de los principales causantes del cambio climático, debe transformar sus prácticas hacia aquellas que demuestren que es posible un consumo de carne y lácteos que reduzca sus emisiones de metano y al tiempo capture carbono. Las narrativas de sostenibilidad propuestas en las nuevas *Trayectorias Socioeconómicas Compartidas*[16] (SSP, por sus siglas en inglés), plantean nuevamente la disminución en el consumo de carne como una transformación requerida en la sociedad para la reducción en la emisión de gases de efecto invernadero (O'Neill *et al*., 2017). Sin embargo, esto desconoce las complejas realidades de los territorios en donde se practica la ganadería como parte fundamental de los medios de vida de sus habitantes. Contrario a esto, es necesario comprender que cualquier transformación de los usos del suelo encaminada a la mitigación del cambio climático debe presentarse como una alternativa viable para quienes dependen de lo que allí se produce.

En este contexto toman gran relevancia alternativas productivas que permiten mantener las actividades económicas predominantes, alrededor de las cuales se han constituido identidades y modos de vida, pero que a su vez se acoplan a las realidades del cambio climático, tanto a nivel de mitigación (reducción de emisiones y captura de carbono) como de adaptación a través de mayor resiliencia. En el caso de los sistemas ganaderos, en distintos contextos se ha demostrado que los sistemas silvopastoriles son una alternativa viable para lograr estas transformaciones (Chará *et al.*, 2018; Peri *et al*., 2019). Sin embargo, la adopción de estos sistemas requiere, además de inversión y asistencia técnica, de un compromiso con una transformación productiva y socioambiental con una visión a largo plazo. Por esto, es necesario entender que este cambio no puede darse mediante la coerción, la imposición o la persuasión malintencionada, sino mediante el pleno convencimiento por parte de quienes actúan y toman decisiones sobre el futuro del territorio.

Por otra parte, es necesario reconocer la multiplicidad de formas humanas y naturales que conforman los espacios rurales sobre los que se da la

[16] Escenarios de cambio climático adoptados en el último informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático

ganadería. Tomando el caso de Colombia, se puede notar la gran diversidad de estas formas. Se puede hablar de paisajes en las cordilleras, donde la acción del agua ha formado cañones con fuertes pendientes, altiplanos, valles y otras formas de la tierra, o de las planicies y lomas de los valles interandinos, el oriente del país y las llanuras costeras del Caribe y el Pacífico. Además, existe una gran diversidad climática debido a la confluencia de vientos y las complejas cadenas montañosas, y una diversidad de suelos y ecosistemas también enorme producida por las anteriores interacciones. Pero más importante aún, existe una diversidad humana incalculable, producida por contextos sociales de ocupación del territorio muy diversos. En cada zona existen procesos históricos particulares, y sus pobladores viven en contextos sociales producidos a partir de estas vivencias compartidas, lo que ha llevado a organizaciones territoriales y modos de vida específicos. Por esto, es necesario reconocer la multiplicidad de trayectorias, historias, significados y valores que coexisten en los espacios rurales, en las cuales un elemento transversal a casi todas es presencia de la ganadería bovina. Así, se requiere entender que, bajo tal diversidad, es imposible plasmar un único modelo de transición hacia sistemas silvopastoriles. En cambio, hay que valorar el conocimiento y la innovación locales para adaptar los principios de la ganadería silvopastoril a las realidades territoriales.

Para lograr una transformación que integre ganadería y árboles, así como un proceso constante de innovación, se requiere un cambio a futuro de las actitudes y valores frente al entorno y, en especial frente a la naturaleza. Tal cambio, sin embargo, no es un proceso que involucra a una sola persona que, según las visiones tradicionales, está a cargo de tomar las decisiones sobre el uso de la tierra. Por el contrario, se trata de una transformación que requiere la participación de un grupo ampliado, que incluye, pero no está limitado a la familia, y en el que los niños y jóvenes deben ser una pieza clave. Según Waldie (2004).

> Los jóvenes de las áreas rurales juegan un papel importante en la forma como se desarrollan los recursos económicos y sociales de su comunidad. Sin embargo, para que puedan sentirse parte de este proceso, deben tener la oportunidad de ganarse la vida a su propio modo. Una barrera que impide desarrollar esto es el hecho que, con frecuencia, los agentes del desarrollo rural no tienen en claro cómo es que los jóvenes de las áreas rurales utilizan los recursos locales en sus estrategias de subsistencia. Además, existe la tendencia a considerar a los jóvenes como un «problema» antes que como un recurso y como la fuente de soluciones necesarias.

Esto plantea el reto de afrontar una realidad: la desconexión de muchos jóvenes con el campo y su migración a la ciudad.

Este problema se debe en gran medida al desbalance entre las oportunidades percibidas y reales de acceso a distintas condiciones materiales que tradicionalmente se asocian con la calidad de vida, y a la atracción que ejercen las ciudades como polos de interacción social y económica. Por esto, son necesarias políticas públicas enfocadas a la valoración de la vida rural, que mejoren las condiciones de vida, y a su vez fomenten oportunidades para que los jóvenes encuentren su vocación sin la necesidad de migrar. Sin embargo, estas políticas por sí solas no son suficientes, pues al "llevar la ciudad al campo", también se puede terminar promoviendo la formación de identidades despojadas en cierta medida de apego al territorio. Cabe preguntarse entonces: ¿para que los jóvenes rurales se queden en el campo tienen que volverse iguales a los jóvenes urbanos? ¿Y si mejor dentro de este mismo contexto de mejora de oportunidades, pueden aprovechar las particularidades de la vida rural para desarrollarse como personas conectadas con el mundo, pero que valoran su entorno y se sienten parte de este?

Esta última opción, a mi parecer, es la que más se adapta a los cambios que requiere la ganadería para conformarse como una actividad verdaderamente sostenible. Y para esto no basta con políticas encaminadas a promover el bienestar material. Se necesita acoplar a ellas la valoración de los sentimientos positivos que construimos alrededor de nuestro territorio. Por esto, planteo que cualquier proyecto encaminado a promover la integración generacional en entornos rurales debe incluir una valoración de estos afectos. Para lograrlo, propongo la integración de tres conceptos sencillos pero fundamentales, sobre los que se podrían desarrollar metodologías que permitan valorar esas porciones del planeta en las que vivimos, y que concebimos como nuestros hogares. Los tres están estrechamente ligados, e interactúan entre sí para promover el afecto hacia el lugar. Estos son: topofilia, identidad territorial y arraigo por la tierra.

La *topofilia* es un concepto popularizado por el geógrafo humanístico Yi-Fu Tuan. Se refiere básicamente al lazo afectivo que vincula a las personas con los lugares y con el entorno (Tuan, 2007). En su libro denominado *Topofilia. Un estudio de las percepciones, actitudes y valores sobre el entorno*, el autor explora el mundo de lo subjetivo, y se sumerge en las percepciones, actitudes, valores y cosmovisiones que generamos los seres humanos alrededor de nuestro entorno. Según él, los seres humanos establecemos relaciones profundas con nuestro entorno. Lo percibimos, racionalizamos y nos vinculamos emocionalmente a él. Es precisamente esto lo que es la topofilia: el amor por el lugar.

El segundo concepto, la *identidad territorial*, es uno del que se habla en la construcción de políticas públicas, pero presenta una definición ambigua (Roca & Oliveira-Roca, 2007). Sin embargo, acercándose a lo que es un territorio será posible tener un mejor entendimiento. Este concepto es importante cuando se habla de afectos y de identidades. El territorio es una porción definida de espacio con cualquier escala, que está delimitado mediante las relaciones sociales que allí se desarrollan, en especial la apropiación (Montañez & Delgado, 1998; Ramírez & López, 2015). Cuando se apropian de una porción del espacio, las personas, grupos humanos o entidades que delimitan sus territorios, terminan conformando una identidad vinculada a estos, encontrando aquellas características que los hacen únicos.

A nivel personal, la identidad territorial responde a la pregunta: ¿a dónde pertenezco? Cuando desarrollamos identidades en torno a un territorio, entonces, terminamos sintiéndonos parte de ellos. Para ello, sin embargo, hay algo muy importante a recalcar: es necesaria la apropiación. Por lo tanto, para desarrollar y fomentar las identidades territoriales, es necesario que los jóvenes nos sintamos incluidos, que podamos tomar decisiones sobre el futuro de nuestras fincas, o por lo menos, que participemos en ellas. En otras palabras, debemos tener la oportunidad de apropiarnos de la finca como un proyecto colectivo alrededor del que se ha formado una parte importante de nuestras vidas.

Por último, tenemos el arraigo por la tierra. Este se trata de un sentimiento profundo que nos vincula con la tierra, y nos motiva a cultivarla y cuidarla. A partir del arraigo por la tierra, podemos reflexionar sobre la forma en que nos relacionamos con ella, y así valorar las transformaciones ambientalmente positivas como una forma de hacer de este un vínculo más sano. De la misma manera, el arraigo por la tierra nos motiva a valorar los estilos de vida que se construyen en el campo, y de la misma manera convierten a nuestra finca en un lugar. Al hacerlo, sentimos afecto por ella, y nos motivamos a actuar para plasmar nuestros valores en los usos de la tierra.

Explorar la alternativa de transformar nuestra participación como jóvenes en el mundo rural debe incluir estos tres conceptos, y se deben unir esfuerzos encaminados a recolectar, proponer y evaluar metodologías para ello. Como un ejemplo breve se puede mostrar el modelo de trabajo propuesto por Roca y Oliveira-Roca (2007), que busca identificar las identidades de un territorio tanto a nivel de objetos y patrones medibles como de la subjetividad de las personas. Este modelo propone el uso de una metodología que podría ser útil para el trabajo con comunidades, familias u otros grupos. Posteriormente, Oliveira, Roca y Leitão (2010) utilizaron esta metodología en talleres en los que las personas identificaron los rasgos que daban identidades a sus

territorios, sus aspectos positivos y negativos y las acciones que se deben tomar para reafirmar la identidad territorial.

Como en este caso, se pueden identificar y desarrollar metodologías mediante las que se pueden reafirmar estos tres sentires positivos que nos conectan con nuestros lugares de origen y nuestra tierra. Para hacerlo, una gran oportunidad sería mediante la creación de grupos de Herederos Silvopastoriles, que tienen un gran énfasis en el aprendizaje intergeneracional y el compartir de conocimientos y valores para lograr transformaciones positivas en la ganadería (Murgueitio *et al.*, 2019). Si se integra en talleres como los que se realizaron en Colombia en 2017 y 2018 un componente enfocado específicamente a las emociones e identidades que conformamos alrededor de nuestros lugares de origen, se abre la posibilidad de que los jóvenes encontremos un lugar simbólico en el campo. Es por esto que, al hablar de intercambio generacional, tenemos que darnos un tiempo para dialogar desde el corazón acerca de esos pedacitos de tierra que nos tocaron. Integrando esta dimensión emocional, podremos garantizar la viabilidad a largo plazo de las transformaciones positivas en la ganadería.

Referencias

Chará, J., Reyes, E., Peri, P., Otte, J., Arce, E., & Schneider, F. (2018). *Silvopastoral Systems and their Contribution to Improved Resource Use and Sustainable Development Goals: Evidence from Latin America*. FAO, CIPAV, agri benchmark.

Montañez, G., & Delgado, O. (1998). Espacio, territorio y región: Conceptos básicos para un proyecto nacional. *Cuadernos de Geografia: Revista Colombiana de Geografía*, *7*(1-2).

Murgueitio, B., Calle, Z., Murgueitio, E., Durana, C., Leyva, S., Mejía, A. M., Giraldo, A., Martínez, V., Rodríguez, V., & Murgueitio, A. (2019). Herederos Silvopastoriles: Relevo Generacional de la Ganadería Sostenible. En J. Rivera, P. Peri, J. Chará, M. Díaz, L. Colcombet, & E. Murgueitio (Eds.), *X CONGRESO INTERNACIONAL DE SISTEMAS SILVOPASTORILES Por una producción sostenible Libro de Actas* (1.ª ed., pp. 595-602). Editorial CIPAV. http://www.cipav.org.co/pdf/X_Congreso_Internacional_Silvopastoril.pdf

O'Neill, B. C., Kriegler, E., Ebi, K. L., Kemp-Benedict, E., Riahi, K., Rothman, D. S., van Ruijven, B. J., van Vuuren, D. P., Birkmann, J., Kok, K., Levy, M., & Solecki, W. (2017). The roads ahead: Narratives for shared socioeconomic pathways describing world futures in the 21st century. *Global Environmental Change*, *42*. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.01.004

Oliveira, J., Roca, Z., & Leitão, N. (2010). Territorial identity and development: From topophilia to terraphilia. *Land Use Policy*, *27*(3), 801-814. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2009.10.014

Peri, P., Chará, J., Mauricio, R., Bussoni, A., Escalante, E., Sotomayor, A., Pérez, S., Colcombet, L., & Murgueitio, E. (2019). Implementación y producción en SSP de Sudamérica como alternativa productiva: Beneficios, limitaciones y desafíos. En J. E. Rivera, P. Peri, J. Chará, M. Díaz, L. Colcombet, & E. Murgueitio (Eds.), *X CONGRESO INTERNACIONAL DE SISTEMAS SILVOPASTORILES: Por una producción sostenible. Libro de Actas* (pp. 263-291). Editorial CIPAV. http://www.cipav.org.co/pdf/X_Congreso_Internacional_Silvopastoril.pdf

Ramírez, B. R., & López, L. (2015). *Espacio, paisaje, región, territorio y lugar: la diversidad en*

el pensamiento contemporáneo (1.ª ed.). Universidad Nacional Autónoma de México; Universidad Autónoma de México. http://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf

Roca, Z., & Oliveira-Roca, M. de N. (2007). Affirmation of territorial identity: A development policy issue. *Land Use Policy*, *24*(2), 434-442. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2006.05.007

Tuan, Y.-F. (2007). *Topofilia. Un estudio de las percepciones, actitudes y valores sobre el entorno.* (F. Durán de Zapata (trad.); 1.ª ed.). Melusina.

Waldie, K. (2004). Los jóvenes y los medios de vida en las áreas rurales. *Leisa Revista de Agroecología*, *20*(2).

Experiencias de Sistemas AgroSilvoPastoriles Integrados con Relevo Generacional y Música Tradicional en Venezuela

Adolfo F. Cardozo B.

CENDI Granja, Universidad Nacional de los Llanos Ezequiel Zamora, Venezuela.
adocardo@gmail.com

Resumen

El articulo analiza el trabajo del autor abordando temas silvopastoriles con niños y jóvenes en Venezuela usando como herramientas la música tradicional en Venezuela. Las once secciones del artículo son: 1.-) Falta de Oportunidades para una Generación de Relevo. 2.-) Música y Extensión Agropecuaria. 3.-) Extensión sobre Sistemas Silvopastoriles en Venezuela. 4.-) La Lección de Ciencia Humana dada por un Niño. 5.-) El Grupo de Jóvenes CENDI y Convenio con CIPAV. 6.-) Los Convites de Extensión Rural. 7.-) Creación de Música como Parte de La Extensión AgroAmbiental. 8.-) Proyecto de Educación AgroAmbiental "La Doctora Gallina". 9.-) El Programa "Amiguitos del Ambiente" en Portuguesa y Apure. 10.-) Tele Trabajo con "Los Pedregalitos". 11) La Serie Audiovisual "GanaCampo Sostenible"

La extensión agropecuaria sin música de la tierra es como ¡alimentarse de lo que en ella se produce sin el placer de experimentar toda la deliciosa gama de sus historias, olores y sabores!

El relevo generacional en los campos debe ser como la sucesión en los bosques, ¡un proceso natural para seguir dando vida a la misma tierra!
En los bosques la sucesión natural y el relevo de árboles actúa siempre de forma espontánea, pero en los agropaisajes se necesita de nuestra acción para acelerar el proceso, pues hoy más que nunca, la agricultura necesita llenarse de árboles al mismo tiempo de producir más y mejores alimentos para la humanidad.

Si nos abocamos a observar la naturaleza comprobaremos como ella trabaja siempre en permanente relevo. Se trata de un principio vital en el que cada individuo de cada especie ocupa un lugar específico por un tiempo determinado según su estrategia evolutiva. De este modo cumple a plenitud su misión allí y es aceptado en ese todo que llamamos ecosistema tanto como en ese gran todo que llamamos planeta tierra. El relevo es una fuerza natural y fluir con ella es maravilloso.

A diferencia de las demás especies, los seres humanos tendemos a construir apegos a aquello que construimos durante ese lapso de tiempo de nuestro ciclo de vida en esos lugares donde nos desenvolvemos. Por ello quizás a veces nos resulta difícil ir cediendo el conocimiento y el liderazgo en la misma medida que los vamos adquiriendo, pensando siempre en los que cronológicamente vienen detrás de nosotros. No habría nada más natural y edificante para cualquier plan de vida de una persona.

Todo profesional agropecuario, independientemente de su edad, debe reflexionar a diario sobre este proceso natural del relevo generacional. Esta reflexión con su accionar cotidiano debe comenzar temprano en la vida y mantenerse activo hasta la natural e inevitable finalización del ciclo vital.

"Los campos se están quedando solos…!" Esto es una expresión que vine escuchándose cada vez más las últimas décadas. El fenómeno comenzó hace un poco más de dos siglos, cuando inició la era industrial. La promesa siempre fue: *"No hay problema con eso pues ese vació será llenado por las máquinas y la tecnología"*. Sin embargo, la promesa no parece cumplirse, al menos por igual para todos, pues en muchas regiones del mundo buena parte de la población que emigra del campo termina en las periferias de los centros urbanos sin acceso seguro a alimentos de calidad. A esto se agregó otra promesa más reciente surgida la última década. *"Eso no es problema pues la agricultura robotizada, altamente digitalizada y concentrada en biofábricas llenará el creciente vacío"*. Obviamente, esto está aún por verse pues mientras tanto, los campos del mundo se siguen viciando de población.

Falta de Oportunidades para una Generación de Relevo: Creemos que hay un mal enfoque del problema. Obviamente no es un problema en sí que una persona emigre del campo a la ciudad o que decida buscar medios de vida diferente a la producción, transformación y comercialización de alimentos. El problema radica en una mala gestión temprana del relevo de ese potencial migrante que se va del campo o de la actividad agropecuaria, desde allí impulsada para el resto de la cadena. Por otro lado, está el tema de la finalización del ciclo de vida natural de una persona. Cuando se trata de un propietario que durante buena parte de su vida ha administrado un espacio de tierra (poca o mucha) y finalmente esta culmina su ciclo de vida suele aparecer en sus descendientes una nueva disyuntiva. A los jóvenes de la familia se le presenta el dilema de continuar la actividad agropecuaria sea en ese mismo espacio o en otro, de forma primaria, incursionando en la cadena de transformación o comercialización de alimentos. Si estos jóvenes desde tempranas edades en sus vidas no fueron preparados por sus padres, por el sistema educativo y por ellos mismos lo más probable es que engruesen la lista de los emigrados del campo, incluso fuera del sector agropecuario. Esto suele pasar mucho antes que ocurra la ausencia física del administrador de la

finca (el padre y/o la madre). En ambos casos se trata de la ausencia de una estrategia que prepare temprano a los jóvenes del campo para que llegado su momento hayan sido forjadas las oportunidades para afrontar ventajosamente el natural proceso del relevo generacional.

Música y Extensión Agropecuaria. Resulta casi imposible involucrarse en actividades de extensión agropecuaria en los campos de América hispánica sin experimentar el poder de la música de la tierra que cuenta lo que se cultiva y cría en sus territorios. Esto no ocurre o ya casi ha sido borrado en aquellos territorios rurales que han sido convertidos en desiertos verdes, cubiertos de extensos campos de monocultivos con escasa población rural viviendo allí. En aquellas zonas donde esto no ha ocurrido aun, encontraremos viva esa musicalidad en sintonía con la tierra y lo que allí se cultiva o cría.

Siempre se ha dicho que la música es el lenguaje universal, pero si en los campos de América Latina se tiene el interés en entrar profundo en sus costumbres y tradiciones, encontraremos, sino follaje frondoso, al menos raíces y algunas semillas del atemporal árbol de la música de la tierra que cuenta la historia de lo que en ella se cultiva y cría. La música es dinámica en el tiempo, esta evoluciona. Por ello siempre veremos nuevos ritmos y hasta géneros, pero si hay una conexión con la tierra, siempre contará sus historias.



Foto 1. En una actividad de campo con “Los Aprendices Andantes” y jóvenes de cinco países, todos de familias ganaderas (Arauca, CIPAV-2O12).

Extensión sobre Sistemas Silvopastoriles en Venezuela. En el país no ha existido aun proyecto de alcance nacional enfocado a promover la adopción de los sistemas silvopastoriles como modelo productivo alternativo en el sector ganadero. No obstante, desde las universidades y otras instituciones científicas han surgido iniciativas de investigación y extensión en este campo, particularmente entre los años 90. A pesar del decaimiento institucional por la situación país llama mucho la atención el creciente interés durante los últimos dos años que muestran los ganaderos (bovinos y de pequeños rumiantes) sobre este tema de los sistemas silvopastoriles. Seguramente por la necesidad de reconocer y poner en práctica las ventajas económicas y

Una gota en un océano es eso, una gota, presente allí para llenarlo y jamás para vaciarlo.!

A continuación, resumiremos alrededor de 30 años involucrados en procesos de relevo generacional de diálogos de saberes campo-ciencia-campo.

La Lección de Ciencia Humana dada por un Niño.

El año de 1993 CIPAV organizó en Colombia un primer seminario internacional de sistemas sostenibles de producción agropecuaria. Allí asistimos y luego de dictar nuestras conferencias, el evento nos llevó a un recorrido de campo en la comunidad rural El Dovio, Valle del Cauca, donde CIPAV desarrollaba un proyecto integral de investigación y acción de extensión de esas comunidades campesinas. En esa comunidad conocimos *in situ* la experiencia *"Herederos del Planeta"*. En esa visita guiada presenciamos como un niño, hoy un exitoso profesional agropecuario activo como emprendedor, investigador y extensionista nos explicó lo que, a su temprana edad (unos 9 años), sabia de lo que era un biodigestor instalado en la unidad porcina de su familia.



Foto. 2. Veinte años después, en la misma comunidad de El Dovio, con nuevas generaciones de "Los Herederos del Planeta".

El niño nos relató a todos los profesionales el: ¿cómo funciona en la vida real? un sistema de descontaminación productiva integrado por animales, suelos, agua y plantas. Esa tarde muchos comprendimos que la ciencia necesita empaparse de emociones humanas para que tenga un verdadero sentido de apropiación. ¿y que mayor emoción de sentir y comprender la atemporalidad de la ciencia en la voz de un niño cuando este nos explica emocionado todo el conocimiento científico y práctico que hay detrás de un sistema de descontaminación productiva de residuos orgánicos con biodigestor y cultivos asociados, en su mismo campo donde habita? Era el año 1993, recién ocurrida la 1era cumbre del planeta (Rio 1992). Para entonces no hablábamos de relevo generacional, pero hoy sabemos muy bien que fue nuestra primera clase sobre este tema, y de su enorme importancia.

El Grupo de Jóvenes CENDI y Convenio con CIPAV. El mismo año 1987, recién graduado de la UNELLEZ fui ingresado por concurso de oposición a esta institución académica como parte de un programa de *"Generación de Relevo"* que para entonces desarrollaba esta universidad. En el programa concursábamos jóvenes de hasta un año de graduado de todas las universidades del país. Allí comencé entonces a laborar en funciones de extensión a la que gradualmente me incorporé a la docencia y como investigador en proyectos hacia el sector ganadero de la región. El año 1992, ya en formación de postgrado, junto a otro profesional que había ingresado el año anterior bajo el mismo programa de generación de relevo conformamos la organización CENDI. Una ONG orientada a canalizar investigaciones e innovaciones con jóvenes de la UNELLEZ-Guanare, hacia los sistemas agropecuarios sostenibles. Obviamente recibíamos la influencia de la recién realizada Cumbre de Rio-92. Ese mismo año, comenzamos investigaciones con estos jóvenes en el área de los árboles forrajeros como: Naranjillo (*Trichanthera gigantea*) y de los frutos de árboles forrajeros nativos, muy comunes en la flora de los llanos occidentales de Venezuela y del pie de monte andino. Un número importante de trabajos de aplicación de conocimientos, días de campo y tesis de grado fueron conducidas en este emergente campo de los árboles forrajeros. Todo este trabajo de semillero de jóvenes de relevo que comenzaban a participar de esta formación se concentró en un espacio de terreno de la UNELLEZ llamado CENDIGRANJA. En este espacio de 1,5 hectáreas la labor de extensión se llevó a cabo durante más de una década.



Foto. 3. Con la primera generación de jóvenes becarios CENDI en visita internacional CIPAV a CENDIGRANJA-1994.

Durante este tiempo más de 30 mil personas de todo el país, principalmente campesinos y estudiantes, visitaron CENDIGRANJA para interactuar y practicar el diálogo de saberes. Fue allí en este espacio de interacción donde fue tomando fuerza una interesante curva de aprendizaje con los sistemas agroforestales con orientación pecuaria. La propagación de especies arbóreas y arbustivas nativas fue siempre desarrollada por el vivero de CENDIGRANJA. La información botánica sobre estas especies nativas fue siempre enriquecida por el programa académico de recursos naturales de la UNELLEZ que forma ingenieros en este campo.

Adicionalmente, CENDI, el año 1994 en convenio con CIPAV (Colombia), crearon una primera modalidad de becas de formación de generación de relevo que consistía en auspiciar el envió de sus jóvenes becarios a Colombia para realizar pasantías de entrenamiento como coinvestigador en fincas donde CIPAV mantenía proyectos de investigación.

Los Convites de Extensión Rural. Para el año 1996, CENDIGRANJA, por intermedio de su escuela de jóvenes becarios por autogestión y las continuas visitas guiadas ya se había labrado un espacio en la región. Fue así que el departamento agropecuario de la gobernación del estado Portuguesa solicitó apoyo técnico a la ONG CENDI para diseñar un programa de extensión. Esto se materializó en un convenio (CENDI-PROGIS) que durante 5 años llevo a cabo un programa de inducción, capacitación y acompañamiento técnico a comunidades campesinas del estado, siempre orientando el esfuerzo hacia los sistemas agropecuarios sostenibles. En este programa, el tema de los árboles forrajeros siempre estuvo muy presente, especialmente en las fincas de aquellos productores donde se criaba ganado, cerdos y gallinas. La

metodología de extensión empleada fue una adaptación al "Convite". El convite se trata de una forma ancestral de las comunidades rurales de varias regiones de América hispánica en la que una familia convida (convite de "convidar") a sus vecinos a que lo apoyen en un trabajo en particular como cosechar, arreglar un tramo de la vía de acceso, darle mantenimiento al sistema de suministro de agua, etc. Luego la familia que convida devuelve el gesto asistiendo como "convitero" a otro convite organizado en la comunidad.

Una de nuestras primeras acciones para fortalecer el programa de formación de generación de relevo fue reinvertir los fondos por los servicios de acompañamiento técnico brindados para crear un programa de Becas-CENDI. Este programa de extensión desarrollado en convenio con la gobernación del estado permitió contratar a tiempo parcial a 10 becarios que ya cursaban el último año de su carrera. Los becarios salían a las comunidades a ser labores directas de extensión, siempre acompañados o supervisados de un profesional graduado.

De ambos programas de becas CENDI-Gobernación y CENDI-CIPAV egresaron más de 50 profesionales, todos los cuales tomaron sus caminos de desempeño libre de la profesión o contratados por diversas instituciones venezolanas relacionadas al tema agroambiental. Entre estos egresados hay profesores universitarios, investigadores de centros nacionales o estadales, gerentes de programas de extensión y emprendedores.

Durante 5 años con este programa de extensión la propuesta de los árboles forrajeros para entonces, hoy sistemas silvopastoriles, tuvo una cobertura en los 14 municipios del estado en al menos 400 unidades de producción agropecuaria.

Creación de Música como Parte de La Extensión AgroAmbiental

Durante la ejecución de los *"Convites de Aprender y Aplicar la Agroecología"* que se realizaron por muchas comunidades campesinas de todas las zonas rurales del estado Portuguesa entre los años 1996 y 2001 comenzó a ocurrir algo hasta entonces desconocido por nosotros como equipo de facilitadores. Esto es: Cuando se anunciaba un "Convite CENDI-PROGIS" en alguna comunidad rural, los docentes de la escuela básica más cercana al sitio del convite suspendían la actividad habitual de clases y se iban con sus niños hasta la casa o parcela anfitriona de la actividad de extensión agroambiental. Enseguida, junto a los docentes nos dimos cuenta que había que incorporar la actividad de recreación ambiental como parte del esquema metodológico para incorporar a los niños en el convite.



Foto. 4. Con niños de comunidades campesinas en el estado Portuguesa, Venezuela, donde comenzaron a ser compuestas las canciones del proyecto "La Doctora Gallina".

Fue así, que la música tradicional de la tierra surgió como una actividad lúdica natural para animar y entretener a los niños mientras con ellos se realizaban pequeñas tareas prácticas agroambientales como reconocer y propagar árboles nativos locales, construir composteros, entre otras. Todas estas vivencias con los niños fueron vertidas en cuadernos de anotaciones de campo y con el tiempo pasaron a canciones compuestas. Estas canciones fueron progresivamente usadas en los convites, siempre con los niños de cada comunidad rural donde se realizaba un convite, con el acompañamiento o no de algún maestro de la de escuela más cercana.

Proyecto de Educación AgroAmbiental "La Doctora Gallina". Una vez las primeras canciones de los temas agroecológicos que se venían abordando con los niños en los convites fueron suficientemente validadas en campo, surgió la pregunta: ¿y si se publican como herramienta pedagógica? Finalmente, ya gracias a la colaboración de amigos y organizaciones como CIPAV y el departamento ambiental de la gobernación fue publicado el volumen No.1 del *"Cancionero Ecológico Infantil La Doctora Gallina"*.

Estos materiales pedagógicos fueron ampliados luego de tres volúmenes (30 temas-canciones) que fueron distribuidos a 400 escuelas básicas de todo el estado Portuguesa y algunos otros estados de Venezuela. La herramienta pedagógica consta de los 3 cd y tres cartillas. En estas se incluyen las historias de las canciones, las letras de estas, dibujos delineados para que el niño las coloree y las pisadas indicadas para que las cante usando el instrumento tradicional de cuerdas de Venezuela conocido como "El Cuatro".



Foto. 5. Un grupo de niños dramatizan temas de la herramienta pedagógica "La Doctora Gallina" en las escuelas (Venezuela).

Los materiales pedagógicos del proyecto La Doctora Gallina fueron compartidos por CIPAV en varias de sus redes colaborativas en Colombia y varios países de la región. Esto ha ampliado significativamente la cobertura de su alcance como herramienta que integra la música y la literatura infantil como estrategias de educación agroambiental. La temática de los árboles, el agua y la vida en el suelo son áreas recurrentes en las canciones de esta herramienta.

El Programa "Amiguitos del Ambiente" en Portuguesa y Apure. Este programa de educación agroambiental, ejecutado por los becarios CENDI entre los años 2005 al 2012 inició su acción en una comunidad rural de Portuguesa llamada "La Florida" y con el auspicio de 12 familias campesinas allí residentes. El propósito de este programa fue canalizar voluntades y talentos estudiantiles de la UNELLEZ-Guanare, liceos de la zona o jóvenes de la misma comunidad rural para comenzar un trabajo de motivación, recreación ambiental y formación básica temprana de niños del campo. Más tarde, la alcaldía principal municipio de uno de los estados llaneros de Venezuela, (Edo. Apure), se interesó en la propuesta *"Amiguitos del Ambiente"*.

Por medio de un convenio CENDI-Alcaldía se llevó a cabo este proyecto en 30 comunidades y todos los docentes de las escuelas más cercanas. Como producto de este proyecto se propagaron 30 mil árboles nativos de Apure,

los cuales fueron establecidos en las fincas de los ganaderos padres de los niños involucrados. Entre los árboles forrajeros muy propagados por este proyecto de ecuación agroambiental con niños estuvieron:

- Cañafistola (*Cassia moschata*)
- Saman (*Samanea saman*)
- Masaguaro (*Albizia fuachapele*)
- Naranjillo (*Trichanthera gigantea*)
- Palma Corozo Espinoso (*Acrocomia aculeata*)
- Palma Real (*Athalea butiraceae*)

Hoy hay egresados de estos proyectos *"Amiguitos del Ambiente"* que son profesionales universitarios, educadores agroambientales y emprendedores del campo.

Nuevas Composiciones Musicales sobre el Tema Silvopastoril

Como una manera de aportar música de la tierra con la temática silvopastoril el año 2020 comenzamos a componer canciones con letra y música orientada a esta temática. De esta se han compuesto dos canciones que han sido compartidas por medio de las redes colaborativas CPAV y ELTI. Uno de estos temas (*El SiembraPalos Bragao*) fue inspirado en un personaje de la vida real de nombre Alejandro Rubio. Se trata de un líder de campo originario de Arauca-Colombia que, junto a su equipo, realizó importantes aportes de propagación y establecimiento de sistemas silvopastoriles en el marco del proyecto colombiano de ganadería sostenible. EL otro tema musical titulado "El Potrero de Arriba" presenta un total de 16 especies de árboles fruto-forrajeros nativos y muy comunes en los llanos de Venezuela y Colombia.

Tele Trabajo con "Los Pedregalitos"

"Los Pedregalitos" son una iniciativa de educación agroambiental con niños desarrollada por la familia Rondón en la comunidad andina de Venezuela conocida como Pedregales, estado Mérida, a 1500 msnm. Esta familia desarrolla en su casa y terreno de 500 metros cuadrados diferentes siembras de hortalizas asociadas a árboles y arbustos. Se trata de un modelo SAFS (*sistema agroforestal sucesional*) adaptado para zonas andinas cuyo fin es producir alimentos para la familia, forraje para las cabras y conejos que crían obtenido de los residuos de los cultivos y la biomasa podada a los árboles y arbustos forrajeros.




Foto. 6. Trabajo de tele acompañamiento al grupo de niños andino "Los Predregalotos".

Cada domingo tenemos una videoreunión de tele acompañamiento con *"Los Pedregalitos"*. En estas sesiones de trabajo conocemos sus avances durante la última semana, respondemos preguntas y aportamos nuevos materiales de estudio para apoyar pequeños proyectos agroecológicos que los niños desarrollan. En los actuales momentos, el proyecto más activo consiste en propagar especies leñosas como el Bambú y varias especies de árboles nativos para reforestar la microcuenca del rio Chama muy afectada por procesos erosivos en algunos sectores por prácticas agrícolas convencionales.

La Serie Audiovisual "GanaCampo Sostenible"

El año 2016 comenzamos la producción de micros audiovisuales sobre sistemas silvopastoriles. La idea ha sido aportar información de valor sobre este tema en un formato ágil de fácil comprensión y alta difusión hacia ganaderos de Venezuela y países de la región vía redes sociales. Hasta inicios del 2021 se han producido 25 números de esta serie, con amplia circulación en redes de ganaderos con retroalimentación de estos. En la elaboración de estos materiales didácticos siempre colocamos música de la tierra. En una base de datos, llevamos registros de los ganaderos que acusan recibo de estos materiales audiovisuales o interactúan con comentarios, preguntas, etc. llevamos un conteo de 636 ganaderos de siete países.

A pastorícia em territórios de montanha em Portugal: tradição com futuro?

Pastoralism in mountain territories in Portugal: tradition with future?

Pinto, R. A.; Castro, M.; Torres-Manso, F.; Sá Rego, J.*

*ForestWISE CoLab – Laboratório Colaborativo para a Gestão Integrada da Floresta e do Fogo. Campus da UTAD, Quinta de Prados, 5001-801 Vila Real – Portugal, Tlm: (+351)962812835. rpinto@forestwise.pt

Resumo

Apesar da ancestral tradição que a pastorícia tem em Portugal e da importância que assume nos territórios de montanha, tem se verificado uma redução no efetivo pecuário e no número de pastores ao longo dos tempos. A renovação geracional é residual e existem poucos jovens empreendedores que pretendam desenvolver a sua atividade profissional neste ramo, colocando em causa a sua sustentabilidade. O presente estudo tem como objetivo efetuar um diagnóstico à atividade pastoril em Portugal, identificando constrangimentos e potenciais estratégias de valorização, através da aplicação de metodologias participativas em seis territórios de montanha do país. Os resultados mostram que a desvalorização da atividade está muito relacionada com a perda de rentabilidade da pastorícia, com a ostracização social que existe relativamente aos pastores e com a falta de políticas de apoio que promovam a sustentabilidade da atividade pastoril e dos territórios de montanha.

Palavras chave: *pastoreio; tradição; estratégias; valorização.*

Abstract

Despite the ancestral tradition that pastoralism has in Portugal and the importance it assumes in mountainous areas, there is a decline in livestock herds and shepherds, in last decades. The generational renewal is residual and there are few young entrepreneurs who intend to develop their professional activity in this branch, putting in question its sustainability. This study aims to make a diagnosis of pastoral activity in Portugal, identifying constraints and potential valorisation strategies, through the application of participatory methodologies in six mountain territories in the country. The results show that the devaluation of the activity is closely related to the loss of profitability of pastoralism, the social ostracization that exists over the shepherds and the lack of policies to support the sustainability of pastoral activity and mountain territories.

Keywords: *pastoralism, tradition; strategies; valorisation.*

Introdução

Desde tempos imemoriais que a pastorícia se assume como uma atividade humana (Oliveira e Silva, 2000; Rebollo, 1996). A investigação multidisciplinar que se tem debruçado sobre esta temática, abrange os cinco continentes e tem comprovado a ancestralidade dos sistemas agro-silvo-pastoris um pouco por todo o mundo (Dong, 2016; Torres-Manso, 2015; Tessema, 2014). Atualmente, existem cerca de 500 milhões de pastores a nível mundial, a maioria deles em países em desenvolvimento onde enfrentam muitos desafios de pobreza e desenvolvimento (McGahey *et al*., 2014). De acordo com a Organização para a Alimentação e Agricultura das Nações Unidas (FAO) (Augère-Granier, 2020), estima-se que existam na Europa cerca de 15 milhões de hectares consignados a sistemas agropastoris, representando Portugal um número aproximado de 1,92 milhões de ha em pastagens permanentes (naturais e melhoradas) (IFN6).

Em Portugal, a importância da pastorícia é relatada nos textos dos primeiros forais (Vicente, 2014). A criação de gado representava um papel preponderante na economia, fruto do contributo diverso que dispensava para os mais variados fins. Esta relevância estava, também, associada ao facto de existirem em Portugal extensas áreas passíveis de serem pastoreadas, que proporcionavam alimento para todo o tipo de gado, desde o ovino ao equino (Ribeiro, 1945).

Ao longo de vários séculos, a atividade pastoril cresceu, comparativamente a outras atividades agrícolas, e desenvolveu práticas que se tornaram comuns em praticamente toda a Península Ibérica e região mediterrânea (Araújo, 1999; Ribeiro, 1940-1941).

Na bem sucedida tentativa de traçar um quadro da vida pastoril no Portugal dos anos 40 do século XX, Jorge Dias colocava o país entre os congéneres europeus onde esta atividade mantinha excecional caráter e enorme diversidade (Dias, 1965). Porém, já nesse tempo e referindo-se a esta atividade, o autor sublinhava uma rápida e profunda transformação no então "mundo moderno" que ia "inexoravelmente destruindo a vida tradicional, para a substituir por formas mais racionais de economia" (1945: 333). Orlando Ribeiro, na sua obra Portugal, o Mediterrâneo e o Atlântico, também retrata a pastorícia, referindo-se a título de exemplo, aos animais de pastoreio de percurso como "a essência da vida pastoril" (1945: 31) de algumas regiões de Portugal, desempenhando um papel preponderante na economia das terras mais pobres (Ribeiro, 1945).

Os diversos contextos políticos em que Portugal se viu envolvido no último século, as estratégias que daí resultaram para o setor agroflorestal, assim como, outros fatores de ordem social e económica, tornaram a previsão feita por Jorge Dias uma realidade, no que à pastorícia diz respeito. Dados do Instituto Nacional de Estatística (INE) confirmam a perda de efetivos nos últimos 100 anos em Portugal, designadamente de pequenos ruminantes e ungulados (INE, 2020). Esta realidade é acompanhada pela redução de criadores e pastores e por uma profunda alteração no uso do solo e da paisagem do meio rural português (Mather & Cardoso Pereira, 2006).

O abandono da atividade pastoril que se vem observando, para além de consequências ambientais e ecológicas negativas, transporta também constrangimentos socioeconómicos que se repercutem na desvalorização da pastorícia e no despovoamento dos territórios rurais (Gómez Sal, 1997; Pinto-Correia, 2000; Castro, 2004; Lasanta-Martínez *et al*., 2005; Peco *et al*., 2006). Estes constrangimentos, associados a outros fatores, designadamente de ordem política, condicionam o desenvolvimento e a coesão territorial, contribuem para a desestruturação do meio rural que os carateriza e para o seu empobrecimento (Bento-Gonçalves, 2021).

As causas associadas ao abandono da pastorícia são diversificadas e multidimensionais. A complexidade dos sistemas de produção animal de montanha possuiu uma organização económica desajustada do modelo de economia de mercado (Alves e Teixeira, 2006), originando constrangimentos ao setor difíceis de ultrapassar. Também, o histórico estigma associado aos pastores (Lovreglio *et al*., 2014; Porter, 2012; Scott, 2017) prejudica a reposição geracional (Pinto, 1999, Sa Rego & Castro, 2021) o que, a termo, ameaça a continuidade da atividade.

Apesar das evidências dos efeitos positivos desta atividade no ambiente, constituindo uma mais valia para as regiões em termos sociais e económicos (Gómez Sal, 2000; Mosquera-Losada *et al*., 2005), o seu reconhecimento não é acompanhado por reais benefícios para os pastores, nem parece atrair novos criadores para a atividade. Por outro lado, o crescente interesse na pastorícia pelos agentes com responsabilidades na gestão dos territórios rurais, nomeadamente no apoio à gestão de combustíveis para a prevenção dos incêndios rurais, enfrenta uma realidade de redução de pastores e efetivos pecuários nos territórios.

Assim, torna-se fundamental perceber de que forma se podem conciliar as perspetivas dos diversos *stakeholders* envolvidos nesta atividade, de maneira a encontrar potenciais soluções que ajudem a reverter o cenário de desvalorização da pastorícia em regime extensivo em territórios de montanha, e de potenciais estratégias que promovam o seu

rejuvenescimento. Por conseguinte, é necessária uma abordagem holística (Moreira e Coelho, 2008; Manzano, 2021) e a aplicação de metodologias participativas para identificar as atuais perceções sociais em torno da atividade. Este tipo de abordagem permite ajustar os objetivos das políticas às representações acerca da pastorícia, às necessidades dos respetivos atores sociais e na definição de estratégias concertadas (Marta-Costa *et al*., 2013).

Partindo da aplicação de metodologias participativas junto dos *stakeholders* (técnicos, entidades e pastores), definiram-se os seguintes objetivos para este estudo: a) identificar as dimensões de análise mais relevantes para os constrangimentos da atividade pastoril; b) diagnosticar os atuais constrangimentos em cada uma dessas dimensões de análise; c) apresentar potenciais soluções para a revitalização da pastorícia extensiva em Portugal.

Material e métodos

Através da aplicação de metodologias participativas em seis territórios de montanha em Portugal, designadamente no Planalto Mirandês e Montalegre (Norte) e Castro Daire, Cinfães, Figueira de Castelo Rodrigo e Território Serra da Estrela (Centro), realizou-se um diagnóstico à atividade pastoril, recolhendo perceções de diversos atores sociais que têm relação com a pastorícia, identificando constrangimentos e potenciais estratégias de valorização para a atividade. Dado o contexto em que o estudo se insere e os objetivos definidos, optou-se pela aplicação de um design de investigação social assente numa abordagem qualitativa (Patton, 1980).

O estudo teve como base territorial o projeto nacional do Mecanismo de Apoio à Realização de Queimadas (MARQ), coordenado pela Agência para a Gestão Integrada dos Fogos Rurais (AGIF), assim como, alguns dos objetivos propostos pelo projeto Interreg SUDOE "OpentoPreserve"[17].

A técnica que serviu de base à recolha de dados foi o *focus-group* (no caso concreto, um grupo de discussão por cada território considerado) (Wilkinson, 1998). Embora possam existir algumas diferenças nas definições de *focus-group* encontradas na literatura especializada, todas elas apontam para uma sessão semiestruturada, com caráter formal ou informal, entre um grupo de pessoas restrito, que se podem ou não conhecer e que têm algo em comum entre si. O objetivo destes encontros é recolher informação rica e detalhada, sobre um determinado assunto de investigação, permitindo a interação dos participantes na discussão (Carey and Asbury, 2016). O contexto pandémico atual, limita consideravelmente a recolha de informações através deste método. Assim, como forma de ultrapassar este constrangimento, optou-se

[17] Para mais informações sobre os projetos MARQ e Interreg SUDOE OpentoPreserve, consultar https://www.agif.pt/pt e https://open2preserve.eu respetivamente.

por adaptar a metodologia usada em *focus-group* num formato *online*, em plataforma digital apropriada para o efeito (no caso concreto, o ZOOM). O caráter experimental desta metodologia, foi igualmente avaliado no sentido de perceber se os objetivos pretendidos foram alcançados e da possibilidade do seu uso em situações alternativas. Dado o formato destes encontros, assim como, o enquadramento dos mesmos que envolveram a participação pública de diversos *stakeholders*, estes tomaram a designação de Encontros Participativos.

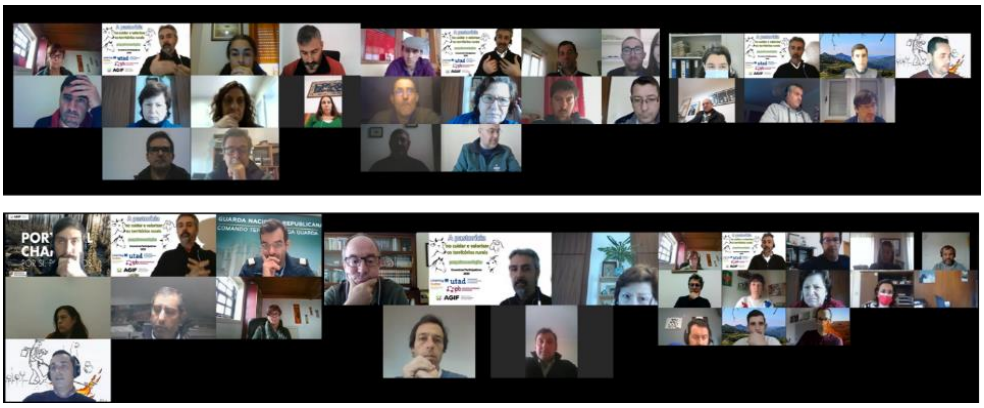


Figura 1. Conjunto de participantes dos 6 Encontros Participativos realizados.

Os Encontros Participativos foram antecedidos por três reuniões preparatórias (*brainstorming*) entre investigadores da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD), o Instituto Politécnico de Bragança (IPB) e Técnicos da AGIF, de maneira a planear os encontros participativos com uma equipa pluridisciplinar.

Foi usado um método de amostragem dirigida (amostragem intencional), onde indivíduos (independentemente da idade, do sexo ou habilitações académicas), organizações e entidades foram selecionados com base no seu conhecimento e envolvimento na atividade pastoril e na gestão dos territórios. Para a proposta inicial de participantes e constituição dos grupos de discussão, foram considerados contatos fornecidos pela AGIF e o trabalho de avaliação do primeiro ano de implementação do MARQ, nalguns concelhos das regiões norte e centro do país, entre outubro de 2019 e maio de 2020.

No que concerne ao número de participantes, estabeleceu-se que se situaria entre os seis (6) e os doze (12) por encontro, para além do moderador da sessão e dos observadores convidados. Depois de definidas as listas de participantes, foram endereçados convites formais, via e-mail, e enviados lembretes para a realização do evento uma semana antes e 30 minutos antes deste se realizar.

Para os encontros participativos, foram concebidas uma estrutura e uma dinâmica que serviram de base à recolha das informações pretendidas. As respostas obtidas em cada encontro foram registadas, categorizadas e organizadas de acordo com as dimensões existentes (social, económica, ambiental, técnica e jurídico-legal). Adicionalmente, foram consideradas as observações efetuadas pelos os observadores presentes e complementadas as respostas dadas pelos participantes.

Os encontros foram gravados com prévio consentimento dos participantes. No final de cada encontro, os participantes preencheram um breve questionário de avaliação do mesmo.

Resultados e discussão

A taxa de participação global nos encontros participativos de 61%, pode considerar-se satisfatória, tendo o encontro relativo ao concelho de Cinfães registado a menor taxa de participação (25%) (Quadro1). Facto assinalável, foi a participação exclusiva de pastores/criadores pecuários no encontro referente à região da Serra da Estrela. Paralelamente, cerca de 70% dos participantes que responderam ao questionário de avaliação dos encontros, fez uma apreciação global muito positiva do respetivo evento. A participação de todos os intervenientes na discussão dos assuntos, foi considerada muito satisfatória e permitiu perceber que alguns participantes esperariam mais interação e discussão entre os mesmos.

Quadro 1. Número de participantes em cada Encontro Participativo.

Distrito	Concelho	Nº de convidados	Nº de participantes	Taxa de participação (%)
Viseu	Castro Daire	11	9	82
	Cinfães	12	3	25
Guarda	Figueira de Castelo Rodrigo	12	6	50
	Território da Serra da Estrela	11	9	82
Bragança	Planalto Mirandês	12	8	67
Vila Real	Montalegre	13	8	62
	Total	**71**	**43**	**61**

Fonte: elaboração própria

Dimensões mais relevantes da pastorícia

Os intervenientes destacaram a estreita interligação que existe entre as diferentes dimensões apresentadas (social, económica, ambiental, técnica e jurídico-legal), realçando a dificuldade (senão mesmo a impossibilidade) em dissocia-las. Ainda assim, as dimensões económica (39,4%), social (27,3%) e ambiental (21,2%) foram indicadas como as que mais contribuem para uma análise integrada da atividade pastoril nestes territórios. Esta é uma realidade

corroborada por diversos autores na avaliação da sustentabilidade da pastorícia noutros países (Tessema, 2014; Dong, 2016; Manzano, 2021). A marginalização social da pastorícia, do pastor e a baixa rentabilidade desta atividade, são fatores que encabeçam e justificam as escolhas da dimensão socioeconómica. A dimensão ambiental também foi referida como de elevada importância e de estreita relação com as duas anteriores. Por detrás deste apontamento, está a frequência dos incêndios que periodicamente atingem estes territórios e a assunção de, nalguns casos, os mesmos estarem relacionados com a atividade pastoril. No encontro que envolveu os pastores da região da Serra da Estrela, foram referidos vários motivos que justificam o exercício da atividade, nomeadamente a tradição familiar, o gosto de trabalhar com animais e ao ar livre (na natureza), o contributo que é prestado na gestão do território, a compensação financeira da atividade e o orgulho pessoal em serem pastores/criadores de gado.

Principais constrangimentos na atividade pastoril

Na dimensão social, para além dos constrangimentos recorrentes do êxodo rural (pessoas, bens e serviços), do despovoamento, do envelhecimento populacional e de um território do interior do país carente de diversas infraestruturas, regista-se a marginalização social a que o pastor é sujeito, assim como, da própria atividade pastoril. A esta perceção junta-se a falta de reconhecimento da profissão de pastor e a contínua redução de pastores nos territórios onde outrora a sua presença era significativa. Em períodos diferentes, Pinto (1999), Torres-Manso (2015), e Sá Rego e Castro (2021), fazem referência a esta mesma realidade. Estas limitações de ordem social, têm implicações diretas na reduzida participação dos mesmos no planeamento estratégico da a gestão do território, por exemplo, nas Comissões Municipais de Defesa da Floresta Contra Incêndios (CMDFCI)[18] não tem representação apesar do seu relevante papel. Paralelamente, a baixa escolaridade dos pastores, a disponibilidade de tempo que a atividade exige e questões inerentes à aceitação social para o uso do fogo, são também limitações apontadas entre alguns dos participantes. A FAO também realça estas questões de forma clara, sublinhando os baixos índices de alfabetização e a falta de capacidade de influência das partes interessadas nas pastagens a nível mundial, como fatores que comprometem seriamente a capacidade de adaptação e resiliência dos pastores (McGahey *et al.*, 2014). O painel de participantes da Serra da Estrela, elencou constrangimentos relacionados com a dificuldade de acesso às propriedades privadas, por desconhecimento

[18] As CMDFCI são centros de coordenação e ação local de âmbito municipal, a funcionar sob a coordenação do presidente da câmara municipal. Têm como missão coordenar, a nível local, as ações de defesa da floresta contra incêndios florestais e promover a sua execução.

dos proprietários e em efetuar contratos de acessibilidade e passagem nos terrenos. O atual sistema de partilhas das propriedades nas heranças, torna a propriedade cada vez mais dividida, dificultando o contacto com os proprietários, na maioria das vezes absentistas.

Relativamente à dimensão económica, a forte dependência dos apoios financeiros à atividade pecuária, ainda que considerados reduzidos e por vezes desenquadrados da realidade do território, é apontada como um constrangimento. Também se salientam a baixa rentabilidade da atividade e a forma como esta variável afasta os mais jovens da pastorícia e das suas escolhas profissionais, assumindo-se como um dos principais fatores no reduzido rejuvenescimento geracional na pastorícia. O subaproveitamento na exploração de produtos do rebanho ou as dificuldades sentidas ao nível do escoamento dos mesmos é igualmente colocado em evidência. Na zona da Serra da Estrela sublinha-se a perda de rendimento com a venda dos produtos a intermediários e a dificuldade de venda direta aos matadouros. No Planalto Mirandês foi ainda destacada a falta de valorização dos serviços de ecossistema gerados pela atividade pastoril, bem como a falta de valorização dos produtos locais e regionais e a reduzida dimensão das explorações agrícolas. Mobilizados pelas receitas provenientes da instalação de aerogeradores, alguns órgãos gestores de terrenos comunitários, relegaram para segundo plano a gestão e ordenamento do território que poderia ser efetuado através da pastorícia. Esta questão é apontada como um constrangimento ao desenvolvimento da atividade, pois revela o desinteresse pela mesma e consequente desvalorização que se foi instalando nalguns territórios, contribuindo, entre outros, para a degradação das pastagens naturais.

O grande número de incêndios nestas regiões, é apontado, de forma generalizada, como o principal constrangimento ambiental. No entanto, a falta de planos de pastoreio e melhoramento de pastagens, a não valorização dos serviços de ecossistema inerentes à pastorícia e a reduzida articulação em diversas facetas da atividade em espaços protegidos e classificados da Rede Natura 2000, também foram problemas identificados nalguns concelhos. Por último, foi referido o desconhecimento da sociedade em geral, sobre o benefício da atividade para o ambiente. Este conjunto de problemas identificados tem reflexo noutras realidades geográficas espalhadas pelo mundo, tal como refere Manzano (2001).

Na dimensão técnica a expressão mais utilizada é a “falta de apoio” que é notada ao nível do acompanhamento técnico aos pastores, às comunidades pastoris e na sua formação e sensibilização, designadamente, no uso do fogo e em candidaturas de apoio a financiamentos à atividade. À predação do lobo, apontada como um constrangimento técnico-ambiental, junta-se a

avançada idade da maioria dos pastores e a falta de infraestruturas de apoio ao pastoreio extensivo que, entre outras, torna as deslocações dos rebanhos para se alimentarem extremamente exigentes e pouco eficientes. Este último aspeto é apontado por outros autores, quando referem que a mobilidade pastoril é influenciada pelo estado dos recursos e infraestruturas necessárias para os movimentos, incluindo pontos de água, trilhos de gado, pastos e locais de acampamento (Davies *et al.*, 2016). A necessidade de diferenciar entre pastores/criadores e pastorícia de pequenos e grandes ruminantes, foram aspetos igualmente referidos no âmbito dos condicionalismos técnicos. A dificuldade na gestão do tempo despendido entre a atividade pastoril e outros afazeres; o reduzido território disponível para pastoreio; a falta de recursos humanos nas explorações, são aspetos muito destacados na região da Serra da Estrela.

Finalmente, na dimensão jurídico-legal sobressai um quadro legal confuso, pouco claro e de difícil concretização, seja na atividade em si ou no uso do fogo. O desconhecimento dos proprietários de muitos terrenos privados, a simplificação de processos para construção de infraestruturas de apoio à pastorícia e a elevada burocracia, são problemas transversais. A falta de articulação e organização entre diversas entidades responsáveis pela gestão do território, assim como, a mobilidade e acesso aos terrenos por parte dos pastores também foram salientados. Na Serra da Estrela também se realçaram as questões relacionadas com a legislação sobre a produção de leite e de queijo, assim como, a falta de fiscalização na produção do queijo Serra da Estrela.

Quadro 2. Resumo dos principais constrangimentos em cada dimensão de análise.

Dimensão	Constrangimentos
Social	Marginalização social do pastor e da sua atividade
Económica	Baixa rentabilidade da pastorícia e reduzida valorização dos produtos que dela derivam
Ambiental	Número e severidade dos incêndios rurais
Técnica	Falta de apoio técnico e institucional
Jurídico-legal	Quadro legal pouco claro e de difícil concretização. Elevada burocracia.

Fonte: elaboração própria

Soluções para os problemas identificados

Em termos gerais, os participantes aproveitaram os encontros para partilharem iniciativas e experiências que foram ou estão a ser desenvolvidas, não apenas nos seus concelhos, mas também no restante território português e na vizinha Espanha.

Retirar o pastor e a pastorícia da marginalização social significa, por um lado, aumentar os seus rendimentos e, por outro, aumentar os seus níveis de

formação. Outra proposta passa por ter em consideração o conhecimento empírico dos pastores mais velhos (o seu saber-fazer) e envolvê-los na formação dos mais novos. As Escolas de Pastores em Espanha e mais recentemente em Portugal, foram usadas como exemplo nesta matéria.

O associativismo e o cooperativismo também foram apontados como ferramenta para proporcionar maior poder de intervenção aos pastores, no planeamento e gestão dos recursos do território rural, naquilo que pode ser uma alavanca importante para aumentar os índices de aceitação social da atividade e do próprio pastor.

Na vertente económica, estritamente ligada à social, são apresentadas propostas que passam por um empreendedorismo inovador associado à valorização dos produtos do rebanho, através de campanhas de *marketing*, selos de certificação diferenciadores e associações com outras atividades e setores da economia, como o turismo ou a restauração. Este aumento da rentabilidade da atividade considera ainda a possibilidade de pagamento de um ordenado ao pastor, em função das realidades das comunidades pastoris existentes, e o aumento dos subsídios por cabeça para 70-75€, tendo em conta, entre outros fatores, o regime de exclusividade com que a maioria dos pastores se dedica à atividade. Para tal, sugere-se um maior envolvimento dos municípios, freguesias, órgãos gestores dos terrenos comunitários (Conselhos Diretivos dos Baldios) e outras organizações por forma a tornar possível esta realidade. Nos territórios da Serra da Estrela, a produção de queijo e leite está muito presente na necessidade manifestada em criar uma organização imparcial que defenda os interesses do produtor e que consiga evitar flutuações do preço do leite ao longo do ano.

Em termos ambientais, foram propostas abordagens que passam por perceber a sensibilidade do pastor para a importância da conservação da natureza e da paisagem; envolvê-lo no planeamento e operacionalização de ações de gestão do território (designadamente em questões relacionadas com o uso do fogo para renovação de pastagens ou em matéria de defesa da floresta contra incêndios (DFCI) e remunera-lo pelos serviços de ecossistema de regulação proporcionados pela atividade. Observa-se, igualmente, a necessidade de trabalhar na formação de técnicos habilitados para a elaboração de planos de pastoreio, que deem resposta a necessidades ambientais dos territórios, nomeadamente no domínio dos incêndios rurais, da conservação da paisagem e da biodiversidade, em articulação com outras organizações e instituições de ensino superior. Na zona de Montalegre é ainda dado particular ênfase ao projeto do MARQ, apontando o sucesso que o mesmo granjeou no concelho e sugerindo a sua continuidade.

Relativamente aos constrangimentos técnicos, as soluções incidiram sobretudo na formação e capacitação dos pastores (maneio dos animais e uso do fogo), no apoio à realização de queimadas controladas, na simplificação dos processos de ajudas financeiras e de gestão das explorações agrícolas. Adicionalmente, foram dados contributos no sentido de melhorar os processos de comunicação, informação e aprendizagem mútua entre pastores e agentes de diversas organizações (promovendo mais encontros entre pastores e técnicos e mais reflexão nos temas relacionados com a pastorícia), assim como, melhorar o conhecimento sobre a dimensão dos encabeçamentos e percursos de pastoreio adaptados a cada região.

Nos aspetos jurídico-legais foi realçada a necessidade de realizar um cadastro predial que apoie no planeamento e na gestão do território (designadamente, em matéria DFCI e de acessibilidade à propriedade por parte dos pastores) e à necessidade de melhorar o enquadramento jurídico no uso do fogo, atribuindo maior flexibilidade, por exemplo, ao uso do fogo de gestão. Para além disso, foi feita menção ao papel que o MARQ tem desempenhado em ultrapassar constrangimentos ao uso do fogo nestes territórios, com o objetivo de renovação de pastagens. Na Serra da Estrela sublinha-se a necessidade de uma fiscalização mais eficaz à produção de queijo e a necessidade de ajustar a legislação para a construção de infraestruturas de apoio à pastorícia nos espaços florestais e áreas classificadas.

Quadro 3. Soluções para os principais constrangimentos identificados.

Constrangimento	Solução
Social **Marginalização social do pastor e da sua atividade**	• Aumentar os seus rendimentos e os seus níveis de formação • Dinamizar o associativismo e cooperativismo
Económico **Baixa rentabilidade da pastorícia e reduzida valorização dos produtos que dela derivam**	• Apoiar e dinamizar iniciativas de empreendedorismo inovador associado à valorização dos produtos do rebanho • Pagamento de um ordenado ao pastor
Ambiental **Número e severidade dos incêndios rurais**	• Envolver o pastor no planeamento e operacionalização de ações de gestão do território • Pagamento dos serviços de ecossistema
Técnico **Falta de apoio técnico e institucional**	• Formação e capacitação dos pastores • Apoio à realização de queimadas controladas • Simplificação dos processos de ajudas financeiras e de gestão das explorações pecuárias
Jurídico-legal **Quadro legal pouco claro e de difícil concretização. Elevada burocracia.**	• Efetuar o cadastro predial que apoie no planeamento e gestão do território • Melhorar o enquadramento jurídico no uso do fogo

Fonte: elaboração própria

Incêndios rurais, pastorícia e gestão de biomassa combustível

Muitas pastagens dependem do fogo para a sua conservação, embora os pastores sejam criticados quando usam o fogo como uma ferramenta de gestão para renovar as pastagens e para combater as pragas (UICN, 2011).

Neste campo o MARQ é apontado como projeto que deve ser alargado a outras regiões, em face do sucesso que tem tido junto da maioria das comunidades e dos pastores. Também é sublinhada a necessidade de ter mais rebanhos nas serras, por forma a consumir a elevada carga combustível existente, e de apoiar o pastor e a atividade pastoril através do pagamento de serviços que visem a gestão de combustíveis em ações DFCI, de conservação da paisagem e da biodiversidade. Para além disso, reconhece-se o saber empírico dos pastores no uso do fogo e na gestão da paisagem através do pastoreio extensivo, mas acrescenta-se a necessidade de maior interligação entre técnicos e pastores, nomeadamente no planeamento e execução de queimadas controladas. Nalguns territórios é ainda feita referência à necessidade de uma maior participação dos pastores no planeamento e operacionalização de queimadas controladas, assim como, a possibilidade de atribuir novas funções ao pastor, socialmente reconhecidas e financeiramente apoiadas (por exemplo, vigilantes da natureza ou na prevenção dos incêndios).

Conclusões

A metodologia usada para este estudo permitiu atingir os objetivos a que o mesmo se propunha, revelando-se como uma alternativa válida para futuros trabalhos de investigação do género.

A análise multidimensional permitiu concluir que as questões socioeconómicas e ambientais assumem particular importância na discussão integrada em torno da pastorícia. Nos seis territórios estudados, ficou evidente a interdisciplinaridade da pastorícia e as especificidades dos respetivos contextos socio-geográficos. A análise dos constrangimentos e limitações ao desenvolvimento da pastorícia nestes territórios, identifica um quadro de orientações interdependentes a ter em conta (Figura 2).

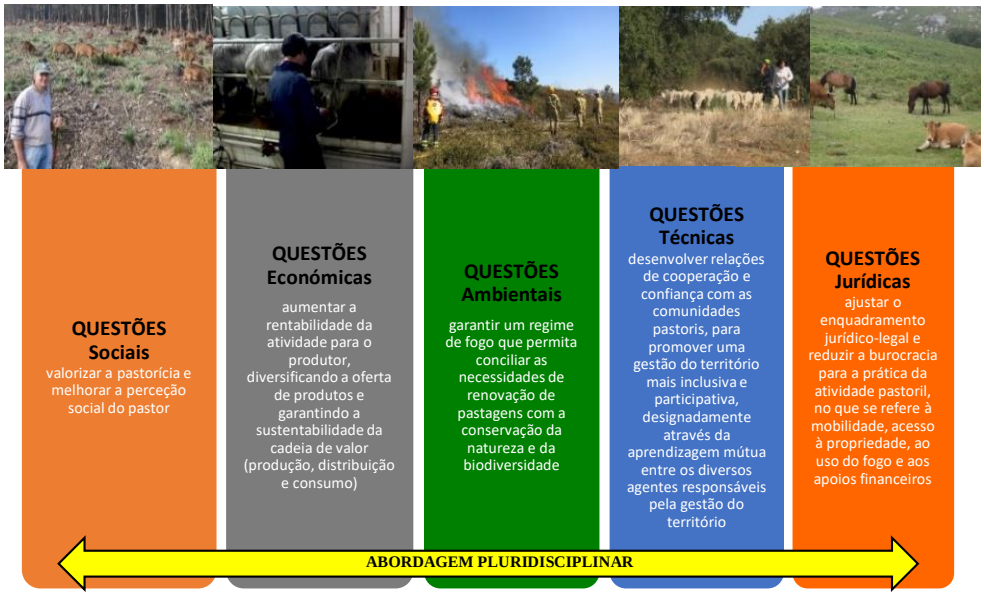


Figura 2. Quadro de orientações interdisciplinares para a valorização da pastorícia
Fonte: elaboração própria
Fotos: Rui Pinto, Tiago Melim e Marina Castro

As iniciativas que visam experimentar abordagens integradas e pluridisciplinares, carecem da valorização dos serviços de ecossistema inerentes à atividade pastoril.

À tendência para o colapso dos sistemas agro-silvo-pastoris de montanha devido à redução de populações, pastores e rebanhos, contrapõe-se a crescente consciencialização para a relevância desta atividade nos territórios de montanha do norte e centro de Portugal, pensando sobretudo na redução do risco de incêndio e na ocupação do território.

À escala europeia e nacional propõe-se a conceção e melhoramento de políticas de apoio a jovens agricultores, que estimulem a prática e o rejuvenescimento da atividade pastoril, seja através da renovação geracional ou cativando novos interessados para a pastorícia. Os exemplos de novos casos de empreendedorismo na atividade que se observam no país, com caráter inovador, outra formação e mentalidade, são um sinal de esperança na revitalização e sustentabilidade da pastorícia e no contributo que a mesma possa desempenhar na dinamização socioeconómica dos territórios, na redução de risco incêndio e na conservação da biodiversidade.

Bibliografía

Alves, V. e Teixeira, P., 2006. Raça Bovina Maronesa. In: Caderno Técnico Voz da Terra, n. 46, pp. 11-20.

Araújo, J.,1999. Relações de Fronteira na Idade Média: A Transumância. In IV Jornadas Luso-Espanholas de História Medieval. As Relações de Fronteira no Século de Alcanices. [Actas]. Vol. I. Porto. pp. 229-240.

Augère-Granier, M.-L., 2020. Agroforestry in the European Union. EPRS- European Parliamentary Research Service. Disponível e consultado em junho de 2020 em https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/651982/EPRS_BRI(2020)651982_EN.pdf

Bento-Gonçalves, A., 2021. Os incêndios florestais em Portugal. Edição Fundação Francisco Manuel dos Santos.

Carey, M. A. & Asbury, J. E., 2016. What is a focus group? In Focus Group Research (2nd Edition). Routledge.

Castro, M., 2004. Análisis de la Interacción vegetación-herbívoro en sistemas silvo-pastorales basados en Quercus pyrenaica. Tesis Doctoral. Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares. pp. 258.

Davies, J., Herrera, P., Ruiz-Mirazo, J., Mohamed-Katerere, J., Hannam, I. & Nuesiri, E., 2016. Melhorar a governança das terras pastoris. Implementação das Diretrizes Voluntárias sobre a Governança Responsável da Posse da Terra, das Pescas e das Florestas no Contexto da Segurança Alimentar Nacional. GUIAS TÉCNICOS SOBRE GOVERNANÇA DA POSSE DA TERRA 6, Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO), Roma.

Dias, J., 1965. Aspetos da vida pastoril em Portugal. Revista Etnografia. Museu de Etnografia e História. Volume IV, Tomo 2, abril de 1965, pp. 333-387.

Dong S., 2016. Overview: Pastoralism in the World. In: Dong S., Kassam KA., Tourrand J., Boone R. (eds) Building Resilience of Human-Natural Systems of Pastoralism in the Developing World. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-30732-9_1

Gómez Sal, A., 1997. El paisaje agrario desde la perspectiva de la ecología. In: Ciclo de Agricultura y Ecología. Valencia, Fundación Bancaixa, pp. 145-182.

Gómez Sal, A., 2000. The variability of Mediterranean climate as an ecological condition of livestock production systems. In: F. Guessous, N. Rihani, and A. Ilham, (Eds.). Livestock production and climatic uncertainty in the Mediterranean. Wageningen, Wageningen Pers, pp. 3 -11.146 http://hdl.handle.net/10198/15034

INE, 2020. Estatísticas Agrícolas. Instituto Nacional de Estatística, Lisboa. Disponível em < https://www.ine.pt>

Instituto da Conservação da Natureza (2015). 6º Inventário Florestal Nacional 2015. Relatório Final.

Lasanta-Martínez, T.; Vicente-Serrano, S.M. e Quadrat-Prats, J.M., 2005. Mountain Mediterranean landscape evolution caused by the abandonment of traditional primary activities: a study of the Spanish Central Pyrenees. Applied Geography, n. 25, pp. 47-65.

Lovreglio, R., Meddour-Sahar, O., & Leone, V., 2014. Goat grazing as a wildfire prevention tool: A basic review. IForest - Biogeosciences and Forestry, 7(4), pp. 260–268. https://doi.org/10.3832/ifor1112-007

Manzano, P., Burgas, D., Cadahía, L., Eronen, J. T., Fernández-Llamazares, Á., Bencherif, S., Holand, Ø., Seitsonen, O., Byambaa, B., Fortelius, M., Fernández-Giménez, M. E., Galvin, K. A., Cabeza, M., & Stenseth, N. Chr., 2021. Toward a holistic understanding of pastoralism. One Earth, 4(5), pp. 651–665. https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.04.012

Marta-Costa, A. A.; Pinto, R.; Torres-Manso, F.; Tibério, L.; Carneiro, I.; Fernandes, P. e Botelho, H.,2013. Participação pública e gestão florestal na Serra de Montemuro: Entre a perceção e a realidade. Edições do Norte, ISBN: 978-972-8546-43-4, pp166.

Mather, A. S. & Cardoso Pereira, J. M., 2006. Transição Florestal e Fogo em Portugal. In J. Santos Pereira, J. M. Cardoso Pereira, F. Castro Rego, J. M. Neves Silva, & T. Pereira da Silva (Eds.), Incêndios Florestais em Portugal: Caracterização, Impactes e Prevenção (pp. 257–286). ISA Press.

McGahey, D., Davies, J., Hagelberg, N. & Ouedraogo, R., 2014. Pastoralism and the green economy: a natural nexus? Nairobi. UICN e PNUMA (disponível em http://cmsdata.iucn.org/downloads/wisp_green_economy_book.pdf).

Moreira, M. B. e Coelho, I. S., 2008. A silvopastorícia na prevenção dos fogos rurais. Moreira, M. B. e Coelho, I. S. (coord.), ISAPress. ISBN: 9789728669324, Lisboa.

Mosquera-Losada, M.R.; McAdam, J. e Rigueiro-Rodríguez, A., 2005. Silvopastoralism Declaration. In: Mosquera-Losada, M.R., McAdam, J., Rigueiro- Rodríguez, A. (Eds.),

Silvopastoralism and Sustainable Land Management. Wallingford, CAB International, pp. 418.

Oliveira, A. e Silva, F., 2000. Nota de Apresentação In: Actas do Colóquio "Montemuro – A Última Rota da Transumância". Arouca, Associação da Defesa do Património Arouquense e Escola Superior Agrária de Viseu.

Patton, M. O., 1980. Qualitative evaluation methods. Beverly Hills CA: Fage.

Peco B.; Sánchez A.M. e Azcárate, F.M., 2006. Abandonment in grazing systems: Consequences for vegetation and soil. Agriculture, Ecosystems & Environment, n. 113, pp. 284-294.

Pinto, R., 1999. O pastor de gado caprino da serra do Alvão: ontem, hoje e amanhã. Relatório Final de Estágio em Engenharia Florestal. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, pp. 139.

Pinto-Correia, T., 2000. Future development in Portuguese rural areas: how to manage agricultural support for landscape conservation? Landscape and Urban Planning, n. 50, p. 95-106.

Porter, A., 2012. Mobile pastoralism and the formation of Near Eastern civilizations: Weaving together society. Univ. Press.

Rebollo, S., 1996. Análisis de la estrategia de pastoreo de pequeños rumiantes domésticos considerando distintas escalas espaciales. Tesis Doctoral. León, Universidad de León. pp. 373.

Ribeiro, O., 1945. Portugal: o Mediterrâneo e o Atlântico, Coleção «Nova Universidade», 13, Livraria Sá da Costa.

Ribeiro, O., 1940-1941. Contribuição para o estudo do pastoreio na Serra da Estrela. In Revista da Faculdade de Letras. Universidade de Lisboa, vol. VII, Lisboa. pp. 213-303.

Sa Rego, J. & Castro, M., 2021. Preservação vs. Utilização do território: Nova utilidade social do pastor e o acesso às terras de pastagens. In O. Simões (Ed.), Atas do VIII Congresso de Estudos Rurais (pp. 224–337). SPER.

Scott, J. C., 2017. Against the grain: A deep history of the earliest states. Yale University Press.

Tessema, W.K., Ingenbleek, P.T.M. & van Trijp, H.C.M., 2014. Pastoralism, sustainability, and marketing. A review. Agron. Sustain. Dev. 34, pp. 75–92.

Torres-Manso, F., 2015. Pastoreio em territórios de montanha. Newsletter da Sociedade Portuguesa de Pastagens e Forragens nº 6 maio de 2015. http://sppf.pt/images/trifolia/TRIFOLIA_6_2015.pdf

UICN, 2011. Supporting sustainable pastoral livelihoods - a global perspective on minimum standards and good practices. Nairobi (disponível em http://cmsdata.iucn.org/downloads/manual_for_min_standards_low_resoultion_may_2012.pdf.

Vicente, M. G., 2014. Transumância na Beira Interior em tempos medievos. UBIMuseum-Revista Online do Museu dos Lanifícios da Universidade da Beira Interior, pp. 103-114 http://www.ubimuseum.ubi.pt/n03/artigos.html

Wilkinson, S., 1998. Focus group methodology: a review. International Journal of Social Research Methodology, ISSN: 1364-5579 (Print) 1464-5300 (Online) Journal homepage: https://www.tandfonline.com/loi/tsrm20.

Los escarabajos coprófagos llegaron para quedarse; testimonio de la ganadería Chuguaca, San Francisco, Cundinamarca, Colombia

Dung beetles are here to stay; testimony of the Chuguaca cattle ranch, San Francisco, Cundinamarca, Colombia

C. A. Medina; J.R. Giraldo S. Friedman; G. Buitrago; L. Buitrago

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt
Carrera 8 # 15-08 Claustro de San Agustín, Villa de Leyva, Boyacá, Colombia
camedina@humboldt.org.co

La ganadería Chuguaca está compuesta por un grupo de fincas con cría de ganado normando para producción de leche en la zona andina central de Colombia. Esta ganadería está inmersa en una zona importante de conservación, restauración de suelos, y presencia de bosques andinos. La ganadería Chuguaca propende por mantener una producción eficiente con prácticas que preservan el entorno natural. Estas fincas protegen un bosque húmedo con especies de plantas nativas y endémicas, destinan áreas considerables para restauración y manejan adecuadamente los reservorios y nacimientos de agua. Con el acompañamiento del Instituto Humboldt se ha avanzado en el reconocimiento e investigación de los escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae), y en el seguimiento al ciclo de vida de tres especies altoandinas; *Homocopris achamas*, *Ontherus brevicollis* y *Onthophagus curvicornis*. Después de capturar por medio de trampas cebadas las especies de escarabajos coprófagos, se instaló un piloto de reproducción y cría. Usando baldes de 15 l como terrarios, se dispusieron parejas que fueron alimentadas con boñiga de vaca dos veces a la semana. Se organizó, además un talud de tierra para la observación y seguimiento del ciclo de vida de la especie cavadora *H. achamas*. La participación de los trabajadores de las fincas fue clave en la selección de los métodos y el seguimiento al ciclo reproductivo de los escarabajos. Adicionalmente, se adaptó una vitrina como terrario demostrativo, que funciona para observar la actividad de los escarabajos sobre la boñiga, así como los túneles y galerías que los escarabajos hacen al enterrarla para su alimentación y reproducción. Al examinar los terrarios y el talud, se logró conocer que la hembra de *H. achamas* entierra boñiga con la que elabora bolas de hasta 6 cm de diámetro, recubiertas con una capa de tierra de hasta 6 mm de espesor. Después de tres meses del inicio de los ensayos, a una profundidad entre 0,70 y 1 m se encontraron varias bolas nido y se observó un el huevo dispuesto en la superficie. Se observo que *O. curvicornis* y *O. brevicollis* hacen galerías entre 30 y 40 cm de profundidad y elaboran entre una y tres masas nido. Los ciclos de vida de las tres especies siguen aun en desarrollo, pero muchos cambios favorables han sucedido en la ganadería Chuguaca, desde la llegada del

proyecto de los escarabajos. Se dejó de usar como purga la ivermectina, lo que ha aumentado notoriamente la actividad de los escarabajos sobre el estiércol de las vacas. Un aspecto importante es el interés y curiosidad investigativa que ha despertado el proyecto en dueños, trabajadores, técnicos y visitantes de la finca. El poder observar y conocer de primera mano la biología y los beneficios de este grupo de insectos en la producción ganadera, muestra lo fundamental de la investigación participativa en este tipo de proyectos.

Palabras Claves: *Investigación participativa, Cría de escarabajos, Ganadería de leche, Ganado normando.*

The Chuguaca cattle ranch is formed by a group of farms with Normande cattle breeding for milk production in the central Andean zone of Colombia. This cattle ranch is immersed in an important area of conservation, soil restoration, and the presence of Andean forests. Chuguaca livestock tends to maintain efficient production with practices that preserve the natural environment. These farms protect a humid forest with native and endemic plant species, allocate considerable areas for restoration and adequately manage reservoirs and water sources. With the support of the Humboldt Institute, progress has been made in the recognition and research of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae), and in monitoring the life cycle of three high Andean species; *Homocopris achamas*, *Ontherus brevicollis* and *Onthophagus curvicornis*. After capturing the dung beetle species using baited traps, a breeding and rearing pilot was installed. Using 15 l buckets as terrariums, pairs were placed and were fed with cow dung twice a week. A land slope was also organized for the observation and monitoring of the life cycle of the digging species *H. achamas*. The participation of farm workers was key in the selection of methods and the monitoring of the reproductive cycle of the beetles. Additionally, a display case was adapted as a demonstration terrarium, which works to observe the activity of the beetles on the dung, as well as the tunnels and galleries that the beetles make when burying it for feeding and reproduction. When examining the terrariums and the slope, it was possible to know that the female of *H. achamas* buries dung with which she makes balls up to 6 cm in diameter, covered with a layer of soil up to 6 mm thick. After three months from the start of the tests, at a depth between 0.70 and 1 m. Several nest balls were found and the egg placed on the surface was observed. It was observed that *O. curvicornis* and *O. brevicollis* make galleries between 30 and 40 cm deep, and elaborate between one and three nest masses. The life cycles of the three species are still in progress, but many favorable changes have occurred in the Chuguaca cattle ranch since the arrival of the beetle project. Ivermectin was discontinued as a purge, which has markedly increased the activity of beetles on cow manure. An important aspect is the interest and investigative curiosity

that the project has stimulated in owners, workers, technicians and visitors to the farm. Being able to observe and know first-hand the biology and benefits of this group of insects in livestock production, shows the fundamentals of participatory research in this type of projects.

Keywords: *Participatory research, Beetle farming, Dairy farming, Normande cattle.*