



Biodiversidad en Paisajes Intervenidos

Biodiversity in Human-Impacted Landscapes

Noviembre 18, 2006
Ciudad de Panamá
República de Panamá

Patrocinado por la Iniciativa de
Liderazgo y Capacitación Ambiental
(ELTI) y el Proyecto de Reforestación
con Especies Nativas (PRORENA)



PRORENA



Volumen-1 Número 1, 2007

Biodiversidad en Paisajes Intervenidos

Biodiversity in Human-Impacted Landscapes

Patrocinado por la Iniciativa de
Liderazgo y Capacitación Ambiental
(ELTI) y el Proyecto de Reforestación
con Especies Nativas (PRORENA)

Resumen de Conferencia

Lanzamiento de la Iniciativa de Liderazgo y Capacitación Ambiental (ELTI)

The Launching of the Environmental Leadership & Training Initiative (ELTI)

Javier Mateo-Vega

Director, Iniciativa de Liderazgo y Capacitación Ambiental (ELTI)

Director Environmental Leadership & Training Initiative

Con el pasar del tiempo y particularmente durante la últimas décadas, las amenazas y los impactos sobre el medio ambiente se han hecho cada vez más complejos y dinámicos. Tradicionalmente, los esfuerzos para proteger la biodiversidad y resolver los problemas ambientales pertenecían casi exclusivamente al campo de biólogos, ecólogos, silvicultores y administradores de recursos naturales. Sin embargo, cada vez es más evidente que los retos de la conservación sólo se pueden solucionar involucrando efectivamente a todos los agentes clave que transforman los paisajes, dotándoles del conocimiento y las herramientas para hacer frente a la situación. Construir y fortalecer las habilidades técnicas y de liderazgo de quienes toman las decisiones y quienes las ejecutan es esencial para la conservación de biodiversidad.

La Iniciativa de Liderazgo y Capacitación Ambiental (ELTI, por sus siglas en inglés) fue creada recientemente para empoderar y generar apoyo de actores claves en América Latina y Asia, con el fin de fortalecer y contribuir al avance de la conservación de la biodiversidad a nivel de paisaje en regiones tropicales. ELTI representa un esfuerzo coordinado entre dos prestigiosas instituciones con gran conocimiento y experiencia en este campo: el Instituto de Recursos Tropicales de la Facultad de Silvicultura y Estudios Ambientales de la Universidad de Yale y el Centro de Ciencias Forestales del Trópico (CTFS) del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales. ELTI comenzó en 2006 con el generoso apoyo de Arcadia.

En conjunto con otras organizaciones aliadas, ELTI utilizará sus eventos de capacitación y programa de formación de líderes para contribuir a la transformación de paisajes de usos múltiples en paisajes sostenibles en los cuales se protege la naturaleza y fomenta la mejora de la calidad de vida de sus pobladores. Los participantes de lo programas de ELTI ampliarán y profundizarán sus conocimientos sobre conceptos, estrategias y oportunidades de conservación. Se les dotará con herramientas y habilidades para planificar, implementar, monitorear y evaluar sus esfuerzos y se promoverá el intercambio de experiencias y conocimientos. Todas las actividades de ELTI serán de corte aplicado y orientados hacia generar acciones concretas en pro de la conservación. Además, se les brindarán a los participantes



oportunidades adicionales de desarrollo profesional e intercambio de experiencias, contribuyendo así a la formación de una nueva generación de líderes del medio ambiente en el Neotrópico y Asia tropical. ELTI seleccionará los participantes para sus programas de capacitación y liderazgo de instituciones gubernamentales, el sector corporativo, la academia y organizaciones no gubernamentales. No solo se trabajará con representantes del sector ambiental y de la conservación. También se pretende incorporar a las actividades de ELTI a personas de todos los sectores cuyas decisiones y acciones influyen en la transformación de paisajes. Según el tipo de capacitación, los participantes podrán ser tanto tomadores de decisiones de alto rango, como consejeros gubernamentales o asesores de congresos nacionales, hasta profesionales nuevos o de nivel medio, como directores de áreas protegidas o personal técnico de ONGs. Todas las acciones de ELTI serán dirigidas a tratar los temas y desafíos de conservación que son prioritarios en el trópico.

Estoy entusiasmado de servir como director de ELTI y espero aprovechar esta oportunidad para seguir generando apoyo y compromiso verdadero con la conservación y para catalizar acciones que mejoren el estatus de la biodiversidad en el trópico de América Latina y Asia. Confiamos en que ustedes disfrutarán y encontrarán útiles las memorias de esta conferencia, y esperamos verlos de nuevo en la próxima conferencia.

.....

Over time, environmental threats and impacts have become more complex and dynamic. Traditionally, efforts to protect biodiversity and address environmental problems were primarily the realm of biologists, ecologists, foresters or resource managers. It has become increasingly evident that the challenges of conservation can only be resolved effectively by engaging other actors who shape landscapes and, most importantly, by adequately equipping them with the knowledge and skills to tend to these issues. As such, building and strengthening the technical capacity and leadership abilities of policy makers and on-the-ground practitioners is essential to biodiversity conservation.

The Environmental Leadership and Training Initiative (ELTI) was recently created to empower and garner support from key environmental

actors in Latin America and Asia to significantly strengthen and advance biodiversity conservation at a landscape level in tropical regions. ELTI is a coordinated effort between two premier institutions that have an impressive array of expertise and experience in this field: the Tropical Resources Institute at Yale University's School of Forestry and Environmental Studies and the Center for Tropical Forest Science of the Smithsonian Tropical Research Institute. ELTI began in 2006 with the generous support from the Arcadia Trust.

In tandem with other partner organizations, ELTI will use its capacity-building efforts to contribute towards transforming multiple-use landscapes into sustainable landscapes in which nature, ecosystem services and livelihoods are conserved. All ELTI activities will be applied and action-oriented in order to serve as mechanisms to effect real conservation action. The participants of ELTI's programs will be provided with opportunities to expand and deepen their understanding of conservation concepts, options and strategies. They will be equipped with tools and skills to plan, implement, monitor and evaluate their efforts, and the exchange of experiences and knowledge will be promoted. Furthermore, participants will be provided with a number of other professional development and networking opportunities to continue to foster a new generation of environmental leaders in the Neotropics and tropical Asia. ELTI will select participants for its training and leadership building programs from governmental institutions, the corporate sector, academia and non-governmental organizations. ELTI will not only work with representatives from the environmental or conservation sector – actors from other sectors whose decisions and actions influence how landscapes are managed and transformed will be engaged as well. Depending on the training event or workshop, they will range from high-level decision makers such as senior governmental advisors or congressional staff to entry and mid-level practitioners such as protected areas managers and technical staff from NGOs. All of ELTI's actions will be directed towards addressing the most pressing conservation issues and challenges confronting the tropics.

I am excited to serve as the director of ELTI and look forward to using this opportunity to continue to generate real commitment and support for conservation and catalyze actions to enhance the status of biodiversity in tropical Asia and Latin America. We trust you will enjoy and find these conference proceedings useful, and we look forward to interacting with you again at next year's conference.





Tabla de Contenido

Table of Contents

Introducción Introduction	7
Resumen Ejecutivo Executive Summary	8
Resumen de las Presentaciones Summary of Presentations	16
Resumen de la Mesa Redonda Discussion Panel Summary	40
Recursos Bibliográficos para Mayor Información Related Resources for More Information	44
Información de Contactos Contact Information	46



Introducción: Biodiversidad en Paisajes Intervenidos

Introduction: Biodiversity in Human-Impacted Landscapes

Jefferson S. Hall

Director, Programa de Ecología Aplicada, Centro de Ciencias Forestales del Trópico

Director, Program of Applied Ecology, Center for Tropical Forest Science

La conservación de la biodiversidad ha sido dominada por esfuerzos para crear parques nacionales y áreas protegidas que conserven aquellos hábitats y ecosistemas donde las especies amenazadas habitan. El aprecio por la influencia de los paisajes que conectan las áreas protegidas ha evolucionado en los últimos años, debido al reconocimiento de la importancia de la conectividad proporcionada por dichos paisajes. El éxito de la conservación – la protección de la biodiversidad mundial – depende de que las estrategias implementadas tomen en cuenta la totalidad de la matriz. Mientras los parques nacionales merecidamente siguen siendo el ancla de la conservación, los esfuerzos para mejorar la conectividad de la matriz tendrán importantes efectos sobre la biodiversidad. Las prácticas de manejo de los paisajes agrícolas tienen implicaciones para la biodiversidad, pues pueden afectar la conectividad y los servicios ambientales. El manejo efectivo de estos paisajes altamente intervenidos requerirá estrategias que combinen los objetivos de producción de las comunidades rurales que habitan la matriz con los objetivos de conservación.

.....

Biodiversity conservation has been dominated by efforts to create national parks and protected areas in order to preserve habitats and ecosystems where threatened species occur. An appreciation for the influence of landscapes that connect protected areas has evolved in recent years due to the recognition of the importance of the connectivity provided by these landscapes. The success of conservation – protecting the world's biodiversity – will lie in taking an approach that takes the entire matrix into account. While national parks deservedly remain the anchor of biodiversity conservation, efforts to improve matrix connectivity will have important effects on biodiversity. Management practices of agricultural landscapes have implications for biodiversity, in terms of how their modification can affect connectivity and ecosystem services. Effective management of these intensively-managed landscapes will also require strategies that will balance the production objectives of rural communities within this matrix with conservation goals.



Resumen Ejecutivo

Executive Summary

La conservación de biodiversidad en América Central tradicionalmente se ha enfocado en la creación de áreas protegidas y parques nacionales. Sin embargo, estudios recientes han demostrado el papel fundamental que desempeñan los paisajes intervenidos y cómo ellos contribuyen a mantener la biodiversidad mediante la conectividad estructural que proporcionan entre áreas extensas de bosques protegidos. El manejo de la biodiversidad en estos paisajes productivos requiere sensibilidad y respeto por las culturas y formas de vida de las comunidades locales. En este contexto social y económico, las estrategias de proteger los procesos ecológicos que sostienen la biodiversidad se deben integrar efectivamente en las actividades de los paisajes rurales. En este encuentro, el estatus de la biodiversidad en los paisajes intervenidos de Centroamérica fue examinado, para proponer maneras de conservar mejor la biodiversidad en estas áreas.

La Dra. Florencia Montagnini, de la Universidad de Yale, discutió la contribución de las plantaciones de árboles nativos a la conservación de biodiversidad en paisajes degradados. Las plantaciones pueden superar las barreras físicas y biológicas y acelerar la recuperación natural al proporcionar condiciones favorables para el establecimiento de plántulas en el sotobosque. En plantaciones de 12 especies nativas en parcelas puras y mixtas en la Estación Biológica La Selva, Costa Rica, las especies nativas aceleraron la sucesión natural aumentando el reclutamiento en el sotobosque y la lluvia de semillas. Las plantaciones crearon micrositios con condiciones favorables para la germinación y establecimiento de árboles y redujeron la competencia con especies herbáceas. Las especies investigadas diferían en su capacidad de reclutamiento debido a la variación de las condiciones de luz y acumulación de materia orgánica. La Dra. Montagnini recomendó que las estrategias de conservación de la biodiversidad consideraran tanto las limitaciones económicas y sociales como las ambientales.

El Dr. Berry Brosi, de la Universidad de Stanford, analizó las comunidades de abejas y sus servicios de polinización en paisajes deforestados. El investiga cómo el tamaño del fragmento de bosque y la distancia entre fragmentos afectan la dinámica de la población de abejas en Las Cruces, Costa Rica. Las abejas sociales (tribu



Meliponini) son más abundantes dentro de los bosques y en sus bordes, mientras las abejas melíferas africanizadas (*Apis* sp.) son más comunes en los bordes del bosque y a distancias más grandes de éste. Asimismo, las abejas sociales son más abundantes en fragmentos grandes de bosque, mientras las abejas exóticas se encuentran más en fragmentos pequeños. Las abejas sociales juegan un papel fundamental en la polinización de especies nativas, debido a su diversidad de tamaños y formas y su capacidad de polinizar plantas con períodos cortos de floración. Conservar los hábitats y ecosistemas que mantienen una gran diversidad de especies de abejas contribuye a estabilizar los servicios de polinización para los cultivos agropecuarios. Aún a escalas pequeñas, el bosque nativo puede albergar la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. Al profundizar nuestra comprensión de las respuestas biológicas de las abejas a los cambios en los usos del suelo, podemos manejar esas respuestas con el fin de optimizar los objetivos de conservación y producción.

La Dra. Celia Harvey, del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), examinó las oportunidades de conservar la biodiversidad en paisajes rurales de América Central. Ella investiga paisajes muy fragmentados y dominados por el pastoreo, pero que conservan abundante cobertura vegetal en parches de bosque, bosques ribereños, árboles aislados y cercas vivas. La Dra. Harvey encontró que la diversidad de especies fue muy baja a nivel de la finca, pero aumentó a nivel del paisaje. Los productores sesgan fuertemente la composición de especies, favoreciendo aquellas

que pueden ser utilizadas para madera, forraje o leña. Las cercas vivas abundan en la matriz del paisaje, pero están compuestas de pocas especies. Los patrones de biodiversidad de distintos grupos taxonómicos en estos paisajes se relacionan con los diversos tipos de cobertura arbórea. Los esfuerzos por conservar la biodiversidad en estos paisajes agrícolas deben promover el aumento de cobertura arbórea y no las prácticas que la reducen. El manejo de esta cobertura arbórea puede cumplir un papel importante en la conservación de biodiversidad en los paisajes agrícolas de América Central, como complemento a una estrategia amplia que incluya actividades en áreas protegidas y parques nacionales

El Dr. Joel Sáenz de la Universidad Nacional de Costa Rica, expuso la necesidad de proponer nuevos enfoques para la conservación de la biodiversidad en paisajes intervenidos. Como parte del proyecto Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas (GEF Project), el Dr. Sáenz evaluó el estatus de la biodiversidad para múltiples grupos taxonómicos en 16 tipos de uso de suelo en paisajes rurales de Nicaragua, Costa Rica y Colombia. Encontró que la riqueza de especies se correlaciona de manera positiva con ciertas características del hábitat. Sin embargo, diferentes grupos taxonómicos se relacionan con unas características más que con otras, como las mariposas con la riqueza de la vegetación o las hormigas con la altura promedio del dosel. Para todos los usos del suelo, la cobertura arbórea y la riqueza de especies de árboles explicaron un porcentaje significativo de la variabilidad de la biodiversidad. El pago por servicios ambientales (PSA) es un mecanismo que proporciona incentivos económicos a los productores a cambio de mejorar el valor de sus tierras para la conservación. Las fincas que recibieron PSA aumentaron la cobertura vegetal en 1 – 2%. Pese a algunos inconvenientes, el PSA puede ser un mecanismo efectivo para optimizar los servicios ecosistémicos, la producción agrícola y los beneficios sociales.



El Dr. Stuart Davies, del Centro de Ciencias Forestales del Trópico, y el Dr. Mark S. Ashton, de la Universidad de Yale, finalizaron la conferencia con su análisis del futuro de los paisajes intervenidos en América Central y demás regiones tropicales. El Dr. Davies reflexionó sobre la posibilidad de aplicar las lecciones aprendidas



en Costa Rica a otras partes del trópico, teniendo en cuenta la mayor fertilidad de sus suelos. Investigaciones futuras deben considerar otros tipos del uso del suelo, como la producción de madera en Asia. El Dr. Davies también recomendó el monitoreo a largo plazo de la biodiversidad en paisajes intervenidos. El Dr. Ashton observó que América Central y Asia se parecen cada vez más con respecto a los cambios actuales en el uso de los suelos. El abandono de tierras marginales y la intensificación de la producción agropecuaria en los suelos más fértiles son dos patrones recientes que requieren estudio para determinar su efecto sobre la biodiversidad. El Dr. Ashton concluyó señalando que la documentación y el análisis de los beneficios económicos directos de la reforestación, los servicios de polinización y el control de la depredación son una manera en que científicos y conservacionistas pueden fortalecer sus argumentos a favor de las estrategias de conservación de la biodiversidad.

El futuro de la biodiversidad dependerá en gran medida de los paisajes intervenidos. Las estrategias de conservación que promueven la cobertura arbórea, como la reforestación de tierras degradadas o la siembra de cercas vivas, tienen el potencial de mejorar la conectividad de la matriz del paisaje con las áreas protegidas y, por consiguiente, la biodiversidad en los paisajes intervenidos. La conservación de la biodiversidad en estas áreas aumenta el valor de sus servicios ecosistémicos, tales como la polinización de cultivos agrícolas. El PSA es un mecanismo que se puede utilizar para incentivar a los productores para que mejoren el valor de conservación de sus fincas. La incorporación de los paisajes agrícolas a las estrategias regionales de conservación puede fortalecer y mejorar el estado de la biodiversidad en regiones tropicales.

.....

Biodiversity conservation in Central America has traditionally focused on the creation of protected areas and national parks. However, recent studies have demonstrated the fundamental role of human-impacted landscapes and how they maintain regional biodiversity levels by providing structural connectivity between large areas of protected, intact forest. Managing for biodiversity in these productive landscapes requires considerable sensitivity

and respect for the cultures and livelihoods of local communities. Given this social and economic context, strategies to protect the ecological processes that sustain biodiversity must be integrated effectively into the productive activities of rural landscapes. In this year's conference the status of and how to best conserve biodiversity in human-impacted landscapes of Central America was assessed..

Dr. Florencia Montagnini of Yale University discussed the ability of native tree species to contribute to biodiversity conservation in degraded landscapes. Tree plantations can overcome biological and physical barriers to natural recovery by providing favorable conditions for seedling establishment in the understory. Plantations of 12 native tree species in mixed and pure plots at La Selva Biological Station, Costa Rica accelerated natural succession, as measured by natural seedling regeneration and seed rain. The plantations created favorable micro-site conditions for seedling establishment and reduced competition from herbaceous species. The studied species had a differential ability to recruit seedlings into the understory, as light conditions and organic matter accumulations differed by species. Dr. Montagnini recommended that biodiversity conservation strategies take into account economic and social, as well as environmental, limitations.



Dr. Berry Brosi of Stanford University examined bee communities and their pollination services in deforested landscapes. Dr. Brosi investigated how forest fragment size and distance to forest fragments affected bee population dynamics in Las Cruces, Costa Rica. Social bees (tribe *Meliponini*) were more common within forests and forest edges, while Africanized honeybees (*Apis* spp.) occurred more frequently in forest edges and at greater distances from forests. Similarly, more social bees were found in larger forest fragments, while exotic honeybees were more abundant in smaller fragments. Meliponines play an important role in the pollination of native plant species due to the diversity of their shapes and sizes and ability to pollinate plants with short flowering periods. Maintaining habitats and ecosystems that support a large diversity of bee species can stabilize pollination services for agricultural crops. Even at small scales, native habitat can foster biodiversity and ecosystem services. By improving our understanding of bees' responses to land-use changes, they can be managed such that biodiversity and conservation goals are optimized.

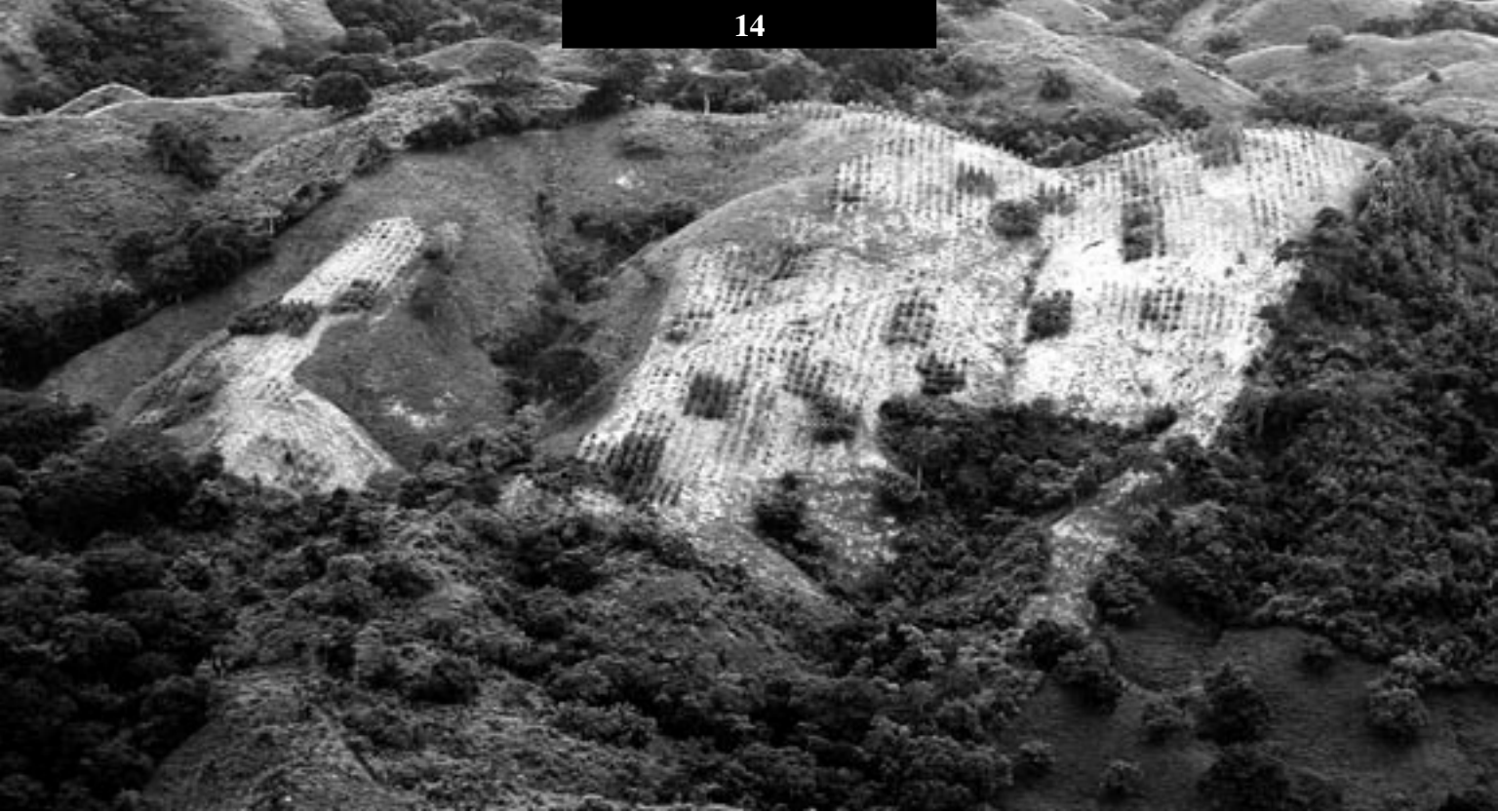
Dr. Celia Harvey of the Tropical Agricultural Research and Higher



Education Center (CATIE) discussed the opportunities to conserve biodiversity in the agricultural landscapes that dominate much of Central America. Most agricultural landscapes are highly fragmented and are dominated by cattle pastures, but still retain abundant tree cover such as forest patches, riparian forests, dispersed trees and live fences. At the farm level, tree species diversity is quite low, but increases at the landscape level. Farmers strongly bias the species composition of on-farm tree cover, favoring species that can be used for timber, animal fodder, and firewood. Live fences are often abundant within the agricultural matrix, but tend to consist of few species. Patterns of biodiversity of different taxonomic groups in these landscapes are closely related to the different types of tree cover. Efforts to conserve biodiversity within agricultural landscapes should increase tree cover and diversity within productive lands and discourage those practices that reduce it. The management of tree cover can play an important role in biodiversity conservation in agricultural landscapes of Central America, although such efforts must complement activities in protected areas and national parks.

Joel C. Sáenz of the National University of Costa Rica discussed the need for new focuses in the conservation of biodiversity in agricultural landscapes. As part of the Integrated Silvopastoral Approaches to Ecosystem Management-GEF project, Dr. Sáenz determined the status of biodiversity of multiple taxonomic groups in the agricultural landscapes of Nicaragua, Costa Rica, and Colombia across as many as 16 landuse types. He found that species richness correlated positively with habitat characteristics. However, different taxonomic groups were more positively correlated with certain characteristics than others, such as butterflies and vegetation richness or ants and average canopy height. Across landuse types, tree cover and tree species richness explained a large percentage of the variability of biodiversity. Payment for environmental services (PES) provides economic incentives to farmers for improving the conservation value of their lands. Farms that received PES increased their forested areas by 1 -2%. Despite certain problems, PES might be an effective mechanism to optimize ecosystem services, agricultural production, and social benefits.

Dr. Stuart Davies, of the Center for Tropical Forest Science, and Dr. Mark S. Ashton, of Yale University, concluded the conferences by analyzing the future of human-impacted landscapes in Central America and across



the tropics. Dr. Davies speculated whether the lessons drawn from Costa Rica could be applied to the rest of the tropics, given its relatively superior soil fertility. Future studies on biodiversity need to consider different landuse types, such as timber production in Asia. Furthermore, Dr. Davies recommended monitoring the long-term trends of biodiversity in agricultural landscapes. Dr. Ashton observed that there are remarkable similarities emerging in terms of landuse in Central America and Asia. Abandonment of marginal lands and the intensification of agricultural production on more fertile lands are two recent patterns that will need to be studied for their effects on biodiversity. Dr. Ashton concluded by noting that the documentation and analysis of the direct economic benefits of reforestation, pollination services, and predation control is one way for scientific and conservation communities to strengthen their arguments for following biodiversity conservation strategies.

The future of biodiversity will depend, to a great extent, on human-managed landscapes. Conservation strategies that encourage increasing tree cover, such as reforestation of degraded lands or planting live fences, have the potential to improve biodiversity within agricultural landscapes. Maintaining biodiversity in these areas increases the value of their ecosystem services, such as bee pollination of agricultural crops. PES is one mechanism that could be used to provide incentives to landusers for improving the conservation value of their land. The incorporation of agricultural landscapes into regional conservation strategies will further strengthen and advance biodiversity conservation in tropical regions.



Resumen de las Presentaciones

Summary of Presentations

Florencia Montagnini

Profesora en la Práctica de Silvicultura Tropical y Directora del Programa de Silvicultura Tropical del Instituto Global de Silvicultura Sostenible
Facultad de Silvicultura y Estudios Ambientales, Universidad de Yale

Professor in the Practice of Tropical Forestry and Director of the Program in Tropical Forestry of the Global Institute of Sustainable Forestry

School of Forestry and Environmental Studies, Yale University



¿Pueden las plantaciones forestales servir como catalizadoras de la sucesión forestal?

La recuperación de suelos degradados en Centroamérica puede ocurrir mediante sucesión natural siempre y cuando haya bosques intactos cercanos que sirvan como fuente de semillas y que no haya más perturbaciones. La recuperación natural, sin embargo, no es probable si el sitio degradado ha sufrido perturbaciones recurrentes, como fuego o pastoreo, o si la distancia a fragmentos intactos de bosque es demasiado grande. En áreas donde hay barreras físicas o biológicas que impiden la sucesión natural, la restauración ecológica es necesaria para iniciar y acelerar el proceso de sucesión ecológica. Los esfuerzos para conservar y restaurar terrenos degradados deben tener en cuenta las culturas locales y ofrecer alternativas viables del uso sustentable de la tierra. Las estrategias que proveen una gama amplia de servicios ambientales y que satisfacen las necesidades de las comunidades locales tienen mayores posibilidades de éxito.

Las plantaciones de especies nativas y exóticas pueden facilitar la regeneración de especies nativas que no pueden establecerse en sitios abiertos o competir con especies herbáceas. El papel de las plantaciones en regiones tropicales y subtropicales ha sido muy estudiado y se ha encontrado que las plantaciones exóticas y nativas aceleran la sucesión natural. Por un lado, las plantaciones aceleran los procesos de regeneración natural bajo el dosel al mejorar el microclima y las condiciones edáficas, reduciendo la competencia con especies herbáceas. Por otro lado, también pueden servir como refugios locales de la biodiversidad porque crean condiciones favorables para la dispersión de semillas ya que actúan como perchas y refugio para aves, murciélagos y otros dispersores. Sin embargo, los costos del establecimiento y mantenimiento, la incertidumbre en la dirección de la regeneración y los objetivos de largo plazo de la plantación (la producción o la conservación) pueden ser obstáculos para que las plantaciones cumplan sus objetivos.

En la Estación Biológica La Selva en Costa Rica, se investigó la regeneración natural en el sotobosque de plantaciones de 12 especies nativas en parcelas puras y mixtas, y se analizó la riqueza de especies de semillas. Los tratamientos fueron establecidos en 1991 en parcelas



de 32 m x 32 m ubicadas en un potrero degradado, en bloques al azar con cuatro réplicas y seis tratamientos (pura, mixta y control).

Siete años después del establecimiento de las plantaciones, la regeneración natural fue mayor en las parcelas puras y mixtas que en las parcelas de control, con diferencias significativas de reclutamiento entre las especies. Los resultados indican que las especies estudiadas difieren en su habilidad para atraer la lluvia de semillas y facilitar el establecimiento de plántulas. Un patrón similar se encontró en otro estudio de lluvia de semillas y agentes dispersores. La riqueza de especies de semillas fue mayor en parcelas puras y mixtas y menor en las parcelas de control, dominadas por pastos y helechos. En las plantaciones, las especies de semillas más abundantes fueron *Miconia* sp. y *Psychotria bracheata*, que se encuentran frecuentemente en los bosques secundarios de la región. Aves y mamíferos fueron los grupos más importantes de agentes dispersores en las plantaciones de especies nativas en La Selva, lo que refleja una asociación entre las especies de sucesión temprana y semillas pequeñas y los dispersores generalistas. Aves y mamíferos dispersaron las semillas donde había cobertura arbórea, mientras el viento fue el dispersor más común en las parcelas de control.

Las plantaciones forestales de especies nativas pueden facilitar la sucesión natural al aumentar la regeneración natural y la dispersión

de semillas. El establecimiento de plántulas en el sotobosque de estas plantaciones depende de la llegada de semillas, la creación de micrositos con condiciones adecuadas y la reducción de la competencia con especies herbáceas. En las plantaciones, distintas especies crearon condiciones diferentes de luz y acumulación de hojarasca, factores que determinaron la abundancia de individuos reclutados y la sobrevivencia de los árboles. La selección de especies influirá en el porcentaje de individuos que ocupen las etapas posteriores de regeneración del sotobosque (colonización, establecimiento, crecimiento). A pesar de la habilidad aparente de las plantaciones de especies nativas para acelerar la sucesión natural, quedan por responder las siguientes preguntas:

- 1) ¿Qué tanto pueden facilitar la sucesión natural las plantaciones forestales?
- 2) ¿Qué tipo de biodiversidad, en términos de flora y fauna, fomentan las plantaciones forestales?
- 3) ¿Hay ciertas categorías de especies que son favorecidas con preferencia por las plantaciones?

Futuros estudios sobre el papel de las plantaciones de especies nativas en la facilitación de la sucesión natural deberán examinar específicamente los efectos de distancia a las fuentes de semillas y el tamaño y forma de las plantaciones. Las nuevas estrategias para promover la recuperación de la biodiversidad en áreas degradadas deben considerar las limitantes económicas, sociales y ambientales de los sistemas propuestos

.....

Can forest plantations contribute to biodiversity recovery and conservation in degraded landscapes?

The recovery of degraded lands in Central America can occur via natural succession when there is a nearby, intact forest to serve as a seed source and no further disturbances. Natural recovery of degraded lands, however, is unlikely when there are recurrent disturbances, such as fire or cattle grazing, an invasion by an exotic species, and if intact forests are too far away. In areas where natural succession is physically or biologically prevented,

ecological restoration of degraded areas is needed to both initiate and accelerate successional processes. Efforts to conserve and restore degraded lands should be compatible with local uses and cultures, as well as offer alternative and sustainable landuses. Strategies that provide a diverse array of ecosystem services and that meet the needs of local populations have the greatest possibilities for success.

Native and exotic tree plantations can facilitate the regeneration of native species that cannot establish in open micro-sites or compete successfully with herbaceous species. Scientists have studied extensively the role of plantations in tropical and sub-tropical sites and have found that both native and exotic plantations catalyze natural succession. Plantations can advance the process of natural regeneration under their canopy by changing the micro-climate, reducing competition with herbaceous species, and improving soil conditions. Tree plantations can also function as local biodiversity reserves by creating favorable conditions for the arrival of seeds by providing perches, shelter, and a food source for birds, bats and other dispersal agents. Certain obstacles can prevent plantations from meeting these objectives, principally establishment costs, initial maintenance costs, the uncertain direction of regeneration, and the long-term objectives of the plantation (production or conservation).



At La Selva Biological Station, Costa Rica, natural regeneration was studied in the understory of plantations of 12 native species in pure and mixed plots as well as the species richness of seeds in the same plantations. Treatments were established in 1991 in an area of degraded pastures in plots measuring 32 m by 32 m in random blocks with four replicates and six treatments (pure, mixed, and control plots).

Seven years after establishment, pure and mixed plots had significantly greater amounts of natural regeneration than control plots. There were significant differences in terms of recruitment between species. These results indicate that the studied species have a differential ability to attract seed rain and facilitate the establishment of seedling cohorts. A similar pattern was found in a seed rain and dispersal agent study (Zamora and Montagnini, 2007). Species richness of seeds was greatest in pure and mixed plots and the lowest in control plots dominated by grass and fern species. The most abundant species of seeds found in the plantations were *Miconia* spp. and *Psychotria bracheata*, both of which are found most frequently in secondary



forests in the region. Birds and mammals were the most important group of seed dispersal agents in the native species plantations at La Selva, a result which reflects the association of small-seeded, early successional species with generalist dispersal vectors. Birds and animals dispersed seeds most frequently under tree cover, while wind was the predominant dispersal vector in control plots.

Tree plantations, comprised of native tree species, increase natural tree regeneration and seed dispersal in the understory. Seedling establishment in the understory of plantations depends on seed dispersal, the creation of appropriate micro-site conditions and the reduction of competition from herbaceous species. Different species within tree plantations created different light conditions and organic matter accumulation, factors which determined the abundance of individuals recruited and survival of adults. Species selection will influence the percentage of individuals that occupy the subsequent stages of regeneration in a plantation's understory (colonization, establishment, growth). Despite the apparent ability of native species plantations to accelerate natural succession, several unresolved questions remain:

- 1) To what extent do tree plantations facilitate succession?
- 2) What type of biodiversity do plantations foster, in terms of flora and fauna?
- 3) Are there particular categories of species that are preferentially facilitated by plantations?

Further studies on the role of native species plantations and facilitation of natural succession should specifically test for the effects of distance to seed sources and the size and shape of plantations. Future strategies designed to promote biodiversity recovery in degraded areas need to consider economic, social, and environmental limitations of the proposed systems.

Berry Brosi

Afiliado Post Doctoral de
Investigación

Centro de Biología de Conservación,
Universidad de Stanford

Post-Doctoral Research Associate

Center for Conservation Biology, Stanford
University

Comunidades de abejas y sus servicios de polinización en paisajes tropicales deforestados

Las abejas son el grupo más importante de polinizadores en el mundo y son vitales para la reproducción de plantas nativas y cultivos agrícolas. Hasta un 95% de los árboles tropicales dependen de los animales para la transferencia del polen y la producción de semillas. Además, las abejas son directamente responsables de 20 a 30 % de las calorías que los seres humanos consumen. Aunque se ha registrado la reducción de algunas especies de abejas como las melíferas de Norteamérica, la comunidad científica no sabe si las abejas están en peligro de extinción o si su declive demográfico es producto de cambios globales como la deforestación o el cambio climático, ni cómo su dinámica demográfica y los servicios ambientales que proveen se ven afectados por las actividades antrópicas. El estudio de comunidades de abejas puede enseñarnos a manejar los paisajes deforestados para mantener e incluso aumentar su valor de conservación.

El paisaje de Las Cruces en Costa Rica es un mosaico variado de usos productivos del suelo y de tipos de cobertura típicos de América Central: potreros, cafetales, tierras de cultivo y fragmentos de bosque. En Las Cruces se evaluó el efecto del tamaño y la distancia de los fragmentos de bosque sobre las comunidades de abejas y sus servicios de polinización. No se encontraron diferencias significativas entre las tres clases distintas de distancia (borde de bosque, cerca del bosque y lejos de bosque) y el número de especies e individuos de abejas. Respecto al tamaño del fragmento de bosque, tampoco hubo correlaciones significativas en el número de especies o individuos de abejas. No obstante, se observaron fuertes cambios en la composición de especies para distancia al bosque y tamaño del fragmento. Las abejas sociales (tribu *Meliponini*) nativas del trópico americano – se encontraron con mayor frecuencia dentro del bosque y en sus bordes, y con menor frecuencia lejos de éste. En contraste, las abejas exóticas melíferas (*Apis* sp.) son más comunes en el borde del bosque y lejos del mismo. Las abejas sociales son más abundantes en bosques más grandes, mientras las africanizadas son más comunes en bosques pequeños o fragmentados. Estos resultados indican que ciertos grupos y especies de abejas necesitan de la cobertura boscosa para sobrevivir,





y que hasta los fragmentos pequeños de menos de media hectárea tienen valor de conservación en términos de mantener la diversidad de abejas.

Más allá de su abundancia y diversidad en los paisajes rurales de las Américas, las abejas sociales también cuentan con una diversidad impresionante de tamaños y formas que les permiten polinizar una gran diversidad de plantas dentro y cerca de los bosques. En Costa Rica, Brasil e Indonesia, las abejas nativas aumentan la polinización y las cosechas de los cafetales cercanos a bosques. Estas abejas también aprovechan su capacidad de comunicarse para polinizar especies nativas de plantas y cultivos que, como el café, tienen periodos muy cortos de floración. Otro aspecto importante de manejo de la ecología de abejas son sus dinámicas demográficas; las poblaciones fluctúan de año a año, y con ellas sus servicios de polinización. En una finca en el sur de Costa Rica, las abejas sociales habitantes del bosque cercano agregaron aproximadamente \$60,000 por año al valor de la cosecha del café, por la vía de sus servicios de polinización. Los arbustos de café ubicados lejos del bosque recibieron menos visitas

de los polinizadores y por tanto, produjeron menos. Al mantener la diversidad de especies de abejas de distintos tamaños y hábitos, se garantiza un nivel más estable de servicios de polinización.

Pese a la falta de investigaciones sobre abejas y reforestación, se pueden sacar algunas conclusiones de la literatura actual sobre temas relacionados. En términos generales, las áreas deforestadas pueden mantener altos niveles de biodiversidad. Ciertos grupos y especies de abejas parecen ser más resistentes en estas áreas, en particular aquéllas que se pueden dispersar a largas distancias y no están restringidas a los bosques. Las abejas sociales se dispersan a distancias restringidas, así que puede resultar difícil mantener poblaciones viables en áreas altamente deforestadas. En cambio, las áreas reforestadas podrían ser un hábitat adecuado para grupos y especies de abejas de bosques secundarios, como las abejas de orquídeas.

Los paisajes intervenidos, por su extensión y la biodiversidad que contienen, son fundamentales para el futuro de la biodiversidad. En la matriz diversa de paisajes de Centroamérica existe una tensión palpable entre los beneficios a corto plazo de la producción agropecuaria y los beneficios a largo plazo de la conservación. Los hábitats originales, desde bosques intactos hasta pequeños fragmentos, pueden aumentar los niveles de biodiversidad y de servicios ambientales; pero las áreas de agricultura comercial intensiva, aunque no albergan mucha biodiversidad, generan empleo en regiones empobrecidas del trópico. Ya que las abejas son necesarias tanto para la reproducción de plantas nativas como para la producción agropecuaria, ofrecen una oportunidad única para desarrollar estrategias de manejo de paisajes rurales que armonicen las metas ambientales y económicas.



.....

Bee communities and their pollination services in deforested landscapes

Bees are the most important group of pollinators in the world and are critical for the reproduction of native plant species and agricultural crops. As many as 95% of tree species in tropical forests need animals to transfer

pollen to produce seeds. Bees are also directly responsible for 20 – 30% of the calories that humans consume. While declines in some bee species have been recorded (such as honeybees in North America), the scientific community does not know if bees are at risk of extinction or population declines as a result of global changes, such as deforestation and climate change, nor how bee population dynamics and the ecosystem services they provide in rural landscapes are affected by human behavior. From studying bee communities, we can learn how to manage deforested landscapes to maintain and increase their conservation value.

The landscape of Las Cruces contains a varied mosaic of productive landuses and cover types typically found in Central America-cattle pastures, coffee farms, croplands, and forest fragments. At Las Cruces, Costa Rica, the impact of forest fragment size and distance to fragments affect bee communities and their pollination services was evaluated. There were no significant differences between three different distance classes (forest edge, close to forest, far from forest) and the number of species and individuals of bees. In terms of forest fragment size, there were no statistically significant relationships in the number of species or individuals. However, strong shifts in species composition for distance to forest and forest fragment size were observed. Social stingless bees (tribe *Meliponini*) – native to the American tropics – were more common within forests and forest edges, and less so at greater distances from forests. In contrast, non-native Africanized honeybees (*Apis* spp.) were found more frequently at forest edges and far away from forests. There were more social bees present in larger forests, while exotic honeybees were more abundant in smaller or fragmented forests. These results indicate that some groups and species of bees need forest cover to survive, and that even small fragments (< 0.5 ha) have conservation value in terms of maintaining bee diversity.



In addition to the abundance and diversity of meliponines within rural landscapes of the Americas, they also have a surprising diversity of shapes and sizes that allows them to pollinate a large diversity of plants that occur within and near forests. In Costa Rica, Brazil, and Indonesia, native bee species increase pollination and harvests of coffee in plantations that are close to forests. Furthermore, meliponines can take advantage of their ability to communicate with each other to pollinate native plant species and crops, such as coffee, which flower for short periods of time. Another important management aspect of bee ecology is their population dynamics; population



sizes of bees fluctuate from year to year, as do their pollination services. In one large coffee farm in southern Costa Rica, forest-nesting meliponines added approximately \$60,000 per year of value to the coffee harvest via their pollination services; the coffee plants farthest from the forest had fewer visits from pollinators and as a result produced smaller harvests. Maintaining a diversity of species, which differ in terms of size and pollination methods, within the matrix of human-impacted landscapes will guarantee more stable pollination services.

Despite the lack of studies on bees and reforestation, several conclusions can still be drawn from the extant body of knowledge on related topics. In general terms, deforested areas can maintain high levels of biodiversity; certain bee groups and species seem to be resilient in such areas, especially those that can disperse over large distances and are not forest specialists. Meliponines have restricted dispersal distances, and may have difficulty maintaining viable populations in heavily deforested areas. Reforested areas could provide suitable habitat for bee groups or species, such as the orchid bees, which commonly occur in secondary forests.

Human-managed landscapes, given the extent of their coverage and the biodiversity they contain are integral to the future of biodiversity. Within the landscape matrix of Central America, there exists a palpable tension between the short-term benefits of agricultural production and the long-term benefits of conservation. While native habitats, from intact forests to small forest fragments, can increase biodiversity levels and ecosystem services, areas of intensive, commercial agriculture do not support much biodiversity, but do provide employment in impoverished areas of the tropics. Because bees are critically important both for the reproduction of native plants and for the human agricultural enterprise, they represent a unique opportunity to develop management strategies of human-impacted landscapes that can help to harmonize environmental and economic goals.

Celia Harvey

Profesora Afiliada

Facultad de Agricultura y
Agroforestería, Centro Agronómico
Tropical de Investigación y Enseñanza
(CATIE)

Affiliated Faculty

Department of Agriculture and
Agroforestry, Tropical Agricultural
Research and Higher Education Center
(CATIE)



Oportunidades para conservar la biodiversidad en agropaisajes de Centroamérica: Lecciones del proyecto FRAGMENT

Actualmente, potreros y cultivos agrícolas dominan el paisaje de Centroamérica, con pequeños parches de bosques remanentes, cercas vivas y otros tipos de cobertura vegetal. Esta cobertura arbórea remanente en la matriz intervenida y su manejo pueden ser importantes para conservar la biodiversidad. Sin embargo, existe poca información sobre la cobertura arbórea presente en paisajes agrícolas y su papel en la conservación de la biodiversidad. Una mejor información sobre el papel de esta cobertura vegetal en la conservación podría contribuir al desarrollo de estrategias más apropiadas para áreas protegidas y agropaisajes.

Como parte del proyecto FRAGMENT, la cobertura arbórea presente en algunos paisajes agrícolas de Centroamérica fue caracterizada, su importancia para la conservación fue analizada y las oportunidades para mejorar la presencia de biodiversidad en los agropaisajes fueron determinadas. En cuatro paisajes agrícolas que cubren más de 50,000 hectáreas en las regiones tropicales secas y húmedas de Costa Rica y Nicaragua, se analizaron fotos aéreas e imágenes satelitales, se entrevistó a 337 ganaderos sobre usos de la tierra y cobertura arbórea y se hicieron inventarios de diversidad y abundancia de árboles, mariposas, ranas y murciélagos en 1,492 hectáreas de potreros y 190 km de cercas vivas.

Los cuatro paisajes de la investigación se encuentran altamente fragmentados, y están cubiertos en su mayor parte por potreros (48,4% - 68,2%). Los bosques remanentes han sido degradados repetidamente por el pastoreo de ganado, el fuego y la extracción de madera. Como consecuencia, los bosques secundarios representan menos del 16 % del paisaje y los bosques riparios menos del 8%. Los potreros, en contraste, tienen cobertura arbórea abundante que consiste de cercas vivas, pequeños grupos de árboles y árboles aislados. Estos árboles se establecieron por regeneración natural y ocurren en densidades bajas (8 – 33 árboles por hectárea). La riqueza de especies es baja a nivel de la finca, pero aumenta de manera significativa a nivel del paisaje. Los productores sesgan la

composición de la cobertura arbórea favoreciendo aquellas especies que proveen productos o servicios importantes. El 70% de los árboles en estos paisajes pertenecen a sólo diez especies; éstas se pueden dividir en tres usos principales – madera, forraje y leña. Las cercas vivas abundan en el paisaje centroamericano y ocurren en densidades altas, pero contienen pocas especies (*Erythrina* sp., *Gliricidia sepium*, *Bursera simaruba*, and *Pachira quinata*) (Harvey et al., 2005). Estas cercas cambian la estructura del paisaje agrícola, aumentando la cobertura vegetal en la matriz de tierras productivas y proporcionando conectividad estructural entre parches de bosque remanentes.

Comparados con los bosques cercanos intactos, los paisajes agrícolas albergan muchas especies de árboles y animales. Esta riqueza de especies en los agro-paisajes se puede atribuir a la presencia de diversos tipos de cobertura arbórea que albergan diferentes combinaciones de especies. Sin embargo, la composición de especies en el agro-paisaje no es la misma que en los bosques originales (Taylor et al., en preparación) y más bien representa apenas una muestra pequeña de las especies que allí ocurren. Las especies generalistas dominan los paisajes rurales porque se han podido adaptar a los ecosistemas agrícolas. Aún así, en los agro-paisajes de Nicaragua se registró la presencia de 22 especies de aves en peligro de extinción, tres especies endémicas de aves y dos especies de murciélagos, lo que indica su potencial de conservación. Los patrones de la biodiversidad en estos paisajes, que varían por grupo taxonómico, se deben a los diferentes tipos de cobertura arbórea. Por ejemplo, los murciélagos son más abundantes en bosques riparios y cercas vivas, mientras las aves son más comunes en hábitats con alta cobertura de árboles. Los bosques riparios y secundarios y las comunidades en etapas tempranas de sucesión parecen tener el mayor valor para la conservación de biodiversidad; a su vez, los potreros con alta cobertura arbórea son mejores que los potreros con baja cobertura para el mismo fin. Se requieren más estudios para entender el éxito a largo plazo de estos grupos taxonómicos en los agro-paisajes, la relación entre biodiversidad de agro-paisajes y conectividad con áreas protegidas y bosques adyacentes, y los umbrales de cobertura arbórea que generan cambios notables en la composición de especies de comunidades ecológicas.

La composición, estructura y arreglo espacial de la cobertura

arbórea en la matriz agrícola es importante para determinar la biodiversidad en los agro-paisajes de Centroamérica. Las estrategias de conservación de la biodiversidad en estos paisajes deben dar prioridad a los parches de bosque y bosques riparios, pues éstos conservan la mayor diversidad de árboles, aves y mamíferos. Otras coberturas menos diversas como las cercas vivas también proveen hábitats y recursos importantes y mantienen la conectividad del paisaje. Los esfuerzos para conservar la biodiversidad deben priorizar el aumento y la diversificación de la cobertura arbórea en el paisaje agrícola, promoviendo la regeneración natural en potreros activos mediante prácticas alternativas de manejo, permitiendo la regeneración natural de potreros abandonados, reforestando áreas



degradadas, convirtiendo cercas muertas en cercas vivas para aumentar su área total, diversificando las especies utilizadas en estas cercas para proveer alimento a la fauna silvestre y sembrando cercas de manera estratégica para aumentar la conectividad (Chacon y Harvey, 2006). Asimismo, se deben promover prácticas de manejo alternativas que no reduzcan la cobertura arbórea y la biodiversidad, como la prevención de la tala ilegal de árboles, los incentivos económicos por reforestación (pagos por servicios ambientales) y la certificación de productos amigables con la naturaleza.

Aunque su composición de especies difiere de la de los bosques intactos, los paisajes agrícolas pueden contener diversos tipos de cobertura arbórea que puedan contribuir a la conservación de la biodiversidad en Centroamérica. Extender las iniciativas de conservación más allá de las áreas protegidas para incluir los agro-paisajes podría mejorar el éxito de la conservación en América Central.

.....

Opportunities to conserve biodiversity in Central American agricultural landscapes: Lessons from the FRAGMENT project

Currently, the Central American landscape is dominated by cattle pastures and croplands, with small patches of remnant forests, live fences, and other types of tree cover. The remaining tree cover within this human-impacted matrix, and how it is managed, could be important for biodiversity conservation. However, little information exists about tree cover present in agricultural landscapes and its role in biodiversity conservation. More appropriate conservation strategies for protected areas and agricultural landscapes can be devised by generating more information about the role of tree cover in biodiversity conservation.

As part of the FRAGMENT project, tree cover present in agricultural landscapes of Central America was characterized, the importance of tree cover for biodiversity conservation was assessed, and the opportunities that exist for improving biodiversity conservation in agricultural landscapes were determined. Within four different landscapes covering more than 50,000



hectares located in dry and wet tropical regions of Costa Rica and Nicaragua, aerial photos and satellite images of tree cover were analyzed, 337 cattle ranchers were interviewed about landuses and tree cover, and tree, butterfly, frog, and bat abundance and diversity were inventoried in 1,492 hectares of pastures and 190 km of live fences.

All four landscapes of the study are highly fragmented, and are covered mostly by cattle pastures (48.4 % - 68.2%). Remnant forests have been degraded repeatedly by cattle grazing, fire, and timber extractions. Consequently, secondary forests represent less than 16% of the landscape and riparian forests less than 8%. Pastures, in contrast, have abundant tree cover that is comprised of live fences, small groups of trees, and isolated



trees. These trees originate primarily from natural regeneration and occur in low densities (8 – 33 trees per ha). Species richness is generally low at the farm level, but high at the landscape level (because different farms conserve different species). Farmers often shift species composition of tree cover towards species that provide important products or services. In all four landscapes, approximately 70% of all trees in pastures were represented by only ten species. These trees are all useful trees that serve either as timber, forage, and/or firewood. Live fences are a particularly abundant element of the landscape in Central America and occur in high densities, but consist of relatively few species (*Erythrina* spp., *Gliricidia sepium*, *Bursera simaruba*, and *Pachira quinata*) (Harvey et al., 2005). Live fences change the structure of the agricultural landscape by increasing and expanding tree cover within the matrix of agriculturally productive lands and providing structural connectivity between remaining forest patches.

Agricultural landscapes have a high diversity of tree and animal species, despite being highly fragmented and deforested. This high species richness in agricultural landscapes can be attributed to the different types of tree cover that house different species assemblages. However, the species composition present in agricultural landscapes differs from that of original forests (Taylor et al., in prep.), and typically represents only a subset of the original species present in intact forests. Agricultural landscapes are also often dominated by generalist species that have adapted to agricultural systems. However, a total of 22 threatened bird species and 3 endemic bird species and 2 bat species were registered in the agricultural landscape of Nicaragua, indicating the potential importance of these agricultural landscapes for conservation. The patterns of biodiversity within these landscapes, specific to different taxonomic groups, can be attributed to different types of tree cover. For example, bat species are more abundant in riparian forests and live fences and bird species are more abundant in habitats associated with high tree cover. Riparian forests, secondary forests, and early successional communities appear to have higher value for biodiversity conservation than pastures with low tree cover. Further studies are needed to understand the long-term success of these taxonomic groups in agricultural landscapes, the relationship between biodiversity in agricultural landscapes and their connectivity to protected areas and adjacent forest, and the thresholds of forest cover that result in large changes in species compositions of ecological communities.



The composition, structure, and spatial arrangement of tree cover within the agricultural matrix play an integral role in determining the biodiversity present in the agricultural landscapes of Central America. Biodiversity conservation strategies in these landscapes should prioritize forest patches and riparian forests, as these cover types maintain the greatest diversity of trees, birds, and animals. Other, less diverse cover types such as live fences also provide important habitat, resources, and maintain the connectivity of the landscape. Efforts to conserve biodiversity should focus on increasing and diversifying tree cover within the agricultural landscape by promoting natural regeneration in active pastures using alternative management practices, leaving abandoned pastures to regenerate naturally, reforesting degraded areas, increasing the number of live fences by converting dead fences to live fences, diversifying tree species used in live fences to provide food for wildlife, and locating live fences strategically to increase connectivity (Chacon and Harvey, 2006). Similarly, alternatives to management practices that reduce tree cover and biodiversity, such as preventing illegal logging, and the promotion of reforestation incentives, payments for environmental services, and certification for nature-friendly products should be encouraged.

Although the species composition of agricultural landscapes can differ from intact forests, they contain diverse tree cover types that can contribute significantly to biodiversity conservation in Central America. Extending conservation initiatives beyond protected areas to include agricultural landscapes has the potential to improve the success of biodiversity conservation in Central America.

Joel C. Sáenz

Profesor

Instituto Internacional de
Conservación y Manejo de Vida
Silvestre, Universidad Nacional, Costa
Rica

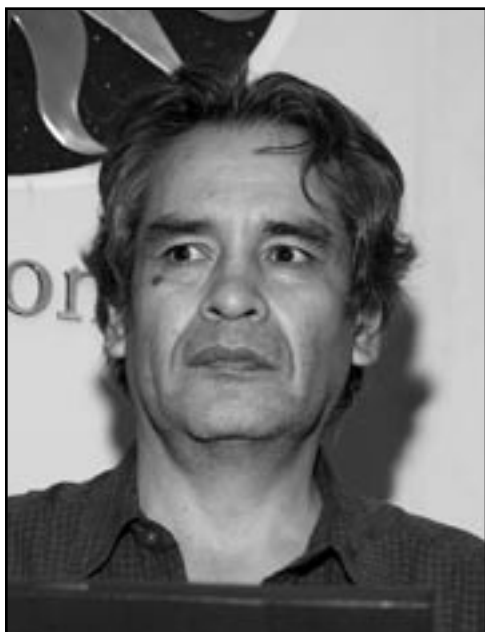
Professor

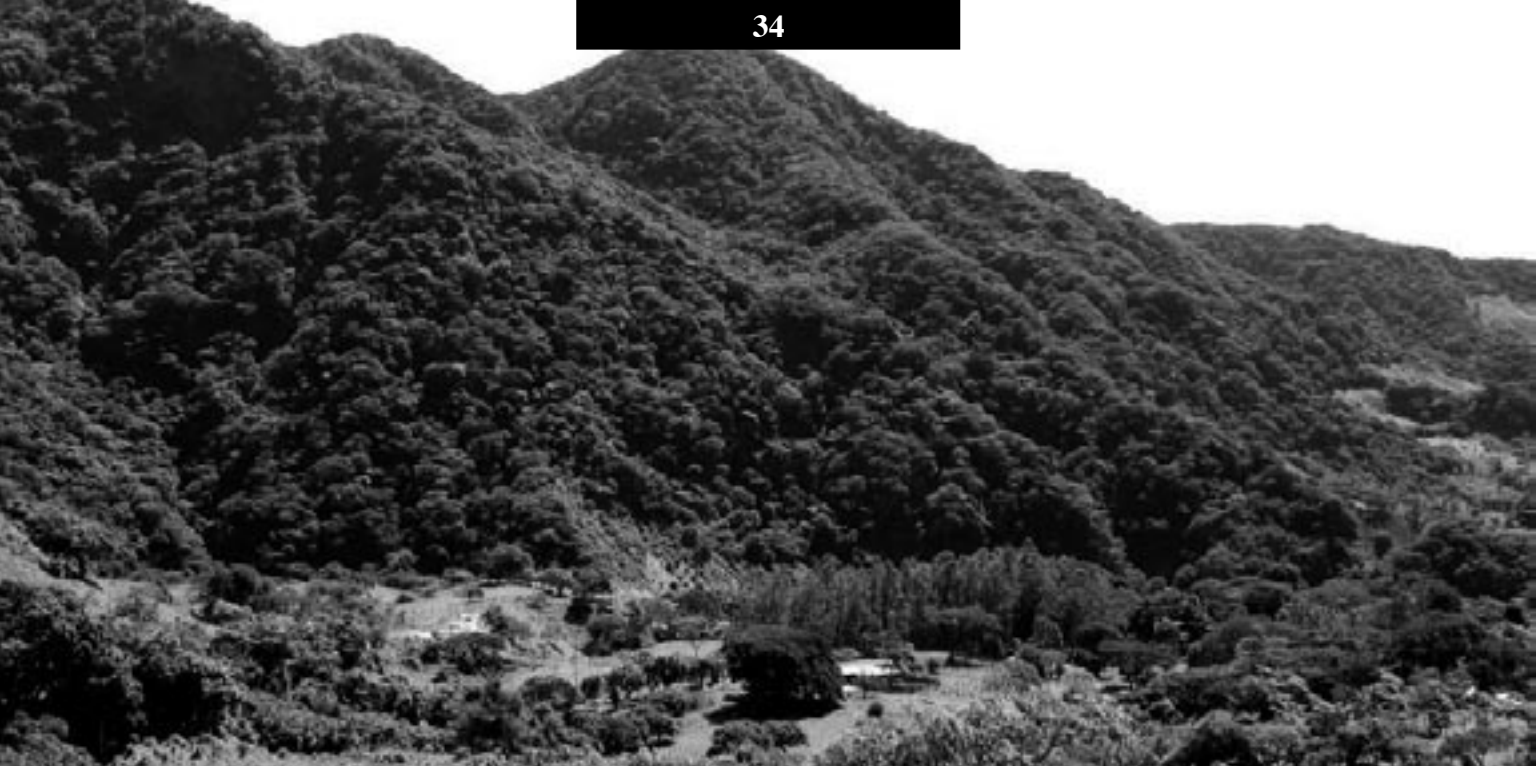
International Institute of Conservation
and Wildlife Management, Universidad
Nacional, Costa Rica

Biodiversidad en paisajes agrícolas – la necesidad de nuevos enfoques para su conservación

La mayoría de los paisajes en Centroamérica están fragmentados y degradados por la deforestación, la sobre explotación y los cambios en el uso del suelo; cerca de 40 a 60% de estas tierras se usan para ganadería y agricultura. Estos paisajes conservan fragmentos de bosque, cercas vivas y árboles aislados en potreros, que pueden contribuir a conservar la biodiversidad local y regionalmente. La conservación in situ, donde hábitats y especies se manejan pasivamente en un sistema de parques nacionales, ha sido el paradigma tradicional de la conservación. Las estrategias de manejo de la biodiversidad, sin embargo, deben tomar en cuenta el restante 95% de los bosques tropicales a nivel mundial que está por fuera de estas áreas protegidas. El proyecto Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas (GEF Project) lleva cinco años documentando el estado de la biodiversidad en algunos sistemas agropecuarios de Nicaragua, Costa Rica y Colombia con el propósito de desarrollar mecanismos sostenibles para el pago de servicios ambientales.

Para determinar el estado de la biodiversidad en los paisajes agrícolas del trópico de Centro y Sur América, las comunidades de aves, mariposas, hormigas, moluscos y árboles fueron descritas cuantitativamente en 7 a 16 tipos de usos de suelo en potreros ganaderos de Colombia, Nicaragua y Costa Rica. En los tres países, los potreros con alta densidad de árboles tuvieron una riqueza de especies similar a la de áreas de alta cobertura boscosa, como bosques riparios y secundarios. En cuanto la composición de especies, Nicaragua y Colombia tuvieron patrones diferentes de presencia de especies según el uso del suelo de los registrados en Costa Rica. En Nicaragua y Colombia, muchas especies ocurren en varios tipos de uso de suelo, pero algunas especies son exclusivas de los bosques. Al contrario, en Costa Rica prácticamente todas las especies están presentes en todos los tipos de uso de suelo, lo que quizá se debe al alto grado de conectividad del paisaje agrícola. La diversidad de aves y mamíferos en todos los países se relaciona positivamente con las características de la cobertura arbórea, como la heterogeneidad estructural y el área boscosa de las fincas. Además, distintos grupos





taxonómicos tienen fuertes asociaciones con ciertas características del hábitat. La diversidad de aves en los tres países aumentó con la cobertura del dosel, su altura y la riqueza de la vegetación. En Costa Rica, una mayor riqueza de vegetación y árboles se asocia con una mayor diversidad de mariposas. La diversidad de moluscos terrestres en Nicaragua aumentó con la riqueza de vegetación, la cobertura de dosel y su altura, tal como lo hizo la diversidad de hormigas en Colombia con la altura de dosel, la densidad de árboles y la riqueza de vegetación.

En los tres países, los suelos productivos presentan una biodiversidad relativamente alta. Los sistemas silvopastoriles con cobertura arbórea, como potreros con alta densidad de árboles y cercas vivas multi-estratos, presentan una biodiversidad mayor que potreros sin o con poca cobertura arbórea, y niveles de biodiversidad similares a los de bosques secundarios y riparios en estos paisajes. La cobertura arbórea y riqueza de especies explican un porcentaje significativo de la variabilidad de biodiversidad. La heterogeneidad del ecosistema adyacente también influye sobre la riqueza de especies.

El pago por servicios ambientales (PSA) es un mecanismo que puede ser utilizado para promover el aumento de la cobertura arbórea y por lo tanto, la biodiversidad en paisajes agrícolas. En Costa Rica, un grupo de productores recibió incentivos económicos y otro no, para determinar si los incentivos financieros pueden incrementar el valor de conservación de las fincas. En las fincas que recibieron PSA, el aumento de cercas vivas, potreros con altas densidades arbóreas, áreas de sistemas silvopastoriles y áreas boscosas, fue mayor que en

las fincas que no recibieron PSA. Al final del estudio, el PSA generó un aumento de 1 a 2 % en las áreas boscosas de las fincas. Los productores cumplieron sus objetivos de producción a la vez que se beneficiaron de los servicios ambientales.

El PSA ha demostrado su capacidad para aumentar el valor de conservación de los paisajes rurales, pero se tienen que corregir ciertos desbalances. Un alto porcentaje de los cambios de uso de suelo ocurrieron en potreros mejorados, sistemas que pueden degradarse con el tiempo y que requieren altos costos de mantenimiento en relación con las ganancias generadas por PSA. Es posible que el mecanismo de pago incremental, o sea el pago por aumento en el valor de conservación de una finca, no proporcione los incentivos suficientes para garantizar la participación de fincas con un nivel inicial relativamente alto de biodiversidad. Los productores con altos niveles iniciales que habían invertido en prácticas de conservación, consideraron que el sistema no debería ser incremental. Productores con altos niveles iniciales recibieron menos dinero por sus actividades de conservación que aquéllos con niveles iniciales más bajos, porque su mejoría en términos de valor de biodiversidad fue relativamente pequeña. También existe una falta de incentivo para los productores pequeños que reciben menos dinero debido al poco terreno que tienen para conservar. La efectividad de los mecanismos de incentivos como PSA se determina mediante su capacidad de ofrecer un beneficio económico suficiente para motivar un cambio tangible, como las prácticas de manejo de la cobertura arbórea. En el caso de la ganadería en Costa Rica, sería necesario pagar grandes subsidios a los ganaderos para que a) aumenten la cobertura arbórea a un nivel que tenga impacto sobre la biodiversidad, y b) acepten el impacto económico negativo de producir menos carne bovina.

El PSA es una manera de promover la adopción de sistemas silvopastoriles que poseen el potencial de aumentar la conectividad y la biodiversidad en los paisajes agrícolas. En su modalidad actual, el PSA beneficia a los productores con incentivos económicos según la cantidad de servicios ambientales que produzcan, como almacenamiento de carbono, conservación de la biodiversidad y protección de cuencas hidrográficas. A nivel del paisaje, el PSA podría ser una manera efectiva de optimizar la producción agrícola,





la provisión de servicios ambientales y proporcionar beneficios sociales. Otros mecanismos de incentivos, principalmente impuestos a la propiedad, créditos blandos y reducciones de impuestos a los insumos agropecuarios podrían complementar un sistema de PSA. Actualmente, los mecanismos que financian el PSA están en distintas fases de desarrollo en Costa Rica, Colombia y Nicaragua. En Costa Rica hay una colaboración entre las agencias gubernamentales MINAE (Ministerio de Ambiente y Energía) y FONAFIFO (Fondo Nacional de Financiamiento Forestal) para diseñar e implementar el PSA en sistemas agroforestales y silvopastoriles. En Colombia se está desarrollando un programa de ganadería sostenible que incorpora los sistemas silvopastoriles, mientras en Nicaragua se ha establecido un programa piloto. El Banco Mundial, el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF) y otras instituciones multilaterales están negociando para proveer incentivos que faciliten la adopción de sistemas silvopastoriles y ‘buenas prácticas’. El éxito de los programas de conservación de biodiversidad en los paisajes agrícolas depende de su potencial para cumplir objetivos de producción y de conservación.

.....

Biodiversity in agricultural landscapes – the need for new focuses for its conservation

The majority of landscapes in Central America are fragmented and degraded from deforestation, over-exploitation, and land-use changes; close to 40-60% of these lands are used for cattle and agriculture. These landscapes maintain forest fragments, live fences, and isolated trees in pastures, which could help to preserve biodiversity locally and regionally. In situ conservation, where habitats and species are managed passively through national park systems, has been the traditional conservation paradigm. Biodiversity management strategies, however, will need to take into consideration the remaining 95% of tropical forests worldwide do not lie within protected areas. The Integrated Silvopastoral Approaches to Ecosystem Management (GEF Project) has spent the past 5 years assessing the status of biodiversity in agricultural systems in Nicaragua, Costa Rica, and Colombia in order to develop more sustainable mechanisms for payment for environmental services.



To determine the status of biodiversity in agricultural landscapes of tropical Central and South America, the bird, butterfly, ant, land mollusk, and tree communities were described quantitatively in 7 to 16 land-use types in cattle ranches in Colombia, Nicaragua, and Costa Rica. In all three countries, pastures with high tree densities had similar levels of species richness as areas with high tree cover such as secondary and riparian forests. In terms of species composition, Nicaragua and Colombia had different patterns of where species occurred by landuse as compared to Costa Rica. In Nicaragua and Colombia, many species occurred across many landuse types, but certain species were forest restricted. Conversely, practically all species in Costa Rica occurred across all landuse types, perhaps due to the higher degree of connectivity within the agricultural matrix. Bird and animal diversity in all countries was positively correlated with habitat characteristics related to tree cover, such as structural heterogeneity of tree cover in farms and forested area with farms. Also, different taxonomic groups have stronger associations with certain habitat characteristics. Bird diversity in all three countries increased with canopy cover, vegetation richness, and the height of canopy. In Costa Rica, greater vegetation richness and tree richness were associated with greater butterfly diversity. Land mollusk diversity in Nicaragua increased with vegetation richness, canopy cover, and height of canopy, as did ant richness in Colombia with canopy height, tree density, and vegetation richness.

In all three countries, productive landuses have relatively high biodiversity. Silvopastoral systems with tree cover, such as pastures with high tree density and multi-layered live fences, have higher biodiversity than pastures without or with little tree cover and similar levels of biodiversity as secondary and riparian forests in these landscapes. Tree cover and tree species richness explained a large percentage of the variability of biodiversity. The heterogeneity of the neighboring ecosystem also influences species richness.

Payment for environmental services (PES) is a possible mechanism that could be used to promote increasing tree cover and biodiversity in agricultural landscapes. In Costa Rica, monetary incentives were provided to a group of farms and none to another in order to see whether financial incentives would increase the conservation value of these farms. In farms receiving PES, the live fence rate, percentage of pastures with high tree densities, areas of silvopastoral systems, and percentage of forest areas were



greater than that of farms that did not receive PES. Overall, PES resulted in a 1 – 2% increase in forested areas of the farms. Farmers maintained their production objectives while also benefitting from environmental services.

PES has demonstrated its ability to increase the conservation value of agricultural landscapes, but needs to correct certain imbalances. A high percentage of land-use changes occurred in improved pastures, systems that can degrade with time and require high maintenance costs relative to the PESs generated. The incremental payment mechanism, i.e. payment for a farm's increased conservation value, might not provide adequate financial incentives for farms with high biodiversity baselines to participate in landscape-level conservation programs. Producers with high baselines that had invested in conservation practices did not think that the scheme should be incremental. Producers with high baselines received less money for their conservation activities than producers with lower baselines because their improvement was relatively smaller in terms of biodiversity value. Furthermore, there is a notable disincentive for small farmers to participate in PES programs; they receive less money because they have less land to conserve than larger farmers. The effectiveness of incentive mechanisms such as PES is measured by their ability to provide a sufficiently large financial benefit to precipitate a change in behavior, such as land-use change. In the case of cattle ranching in Costa Rica, large subsidies would have to be paid to ranchers for them to a) increase tree cover to a level that is meaningful in terms of biodiversity and b) accept the economic impact of producing less meat.

PES represents a way to promote the adoption of silvopastoral systems that potentially increase landscape connectivity and biodiversity in agricultural landscapes. As currently formulated, PES rewards farmers with financial incentives for generating the greatest amount of environmental services, such as carbon storage, biodiversity, and watershed protection. At a landscape level, PES might prove effective in optimizing agricultural production, environmental services, and providing social benefits. Other incentive mechanisms, principally land taxes, flat taxes, and tax reductions for agricultural materials, could also complement PES. At present, policy mechanisms for sustainable financing of PES are at different stages of development in Costa Rica, Colombia, and Nicaragua. In Costa Rica, there is collaboration with government agencies MINAE (Ministerio de Ambiente y Energía) and FONAFIFO (Fondo Nacional de Financiamiento Forestal)



to design and implement PES in agroforestry and silvopastoral systems. In Colombia, a program is being developed for sustainable cattle production that incorporates silvopastoral systems, while in Nicaragua a pilot program for PES has been established. Negotiations are in process in the World Bank, Global Environmental Facility (GEF), and other multi-lateral institutions to provide incentives for the adoption of silvopastoral systems and good practices. The success of biodiversity conservation programs in agricultural landscapes depends on their ability to meet both production and conservation objectives.

Resumen de la Mesa Redonda: El futuro de la biodiversidad en los paisajes tropicales en transición

Discussion Panel Summary: The future of biodiversity in tropical landscapes in transition

Stuart Davies

Director,

Centro de Ciencias Forestales del Trópico (CTFS)

Director,

Center for Tropical Forest Science

Mark S. Ashton

Profesor de Silvicultura y Ecología Forestal

Facultad de Silvicultura y Estudios Ambientales, Universidad de Yale

Professor of Silviculture and Forest Ecology

Yale School of Forestry & Environmental Studies

Al Dr. Davies le impresionó el alto nivel del optimismo de los expositores respecto al nivel de biodiversidad que podría recuperarse en los terrenos intervenidos, y se preguntaba qué tanto pueden generalizarse estos pronósticos a escala regional y global. Costa Rica podría ser la excepción pues la alta fertilidad de sus suelos podía acelerar la recuperación de la biodiversidad. ¿Qué pasará en Brasil o Borneo? ¿Habrá el mismo crecimiento rápido de los árboles o la recuperación de especies en los paisajes degradados? El Dr. Davies destacó la necesidad de pensar más ampliamente sobre este tipo de estudios y cómo investigar estos temas de modo que los resultados sean aplicables a gran escala. Sin embargo, de no ser posible, se deben desarrollar modelos diferentes de conservación de la biodiversidad. Los cuatro expositores solamente hablaron de un uso de suelo – los campos agrícolas de Centroamérica. Hay regiones del trópico impactadas por otros usos de suelo, como la extracción de madera en Asia. El Dr. Davies se preguntó sobre las posibilidades de conservar la biodiversidad en estas áreas, considerando que los países asiáticos sólo pueden dedicar pequeñas áreas para la conservación. Otras preguntas surgen de distintos usos de suelo, y se hace necesario identificar diferentes estrategias de conservación de la biodiversidad. En cuanto al trabajo que se realiza CTFS, el monitoreo de largo plazo de la dinámica de los bosques tropicales, es interesante pensar en lo que podemos encontrar. ¿Encontraremos altos niveles de diversidad en estos paisajes rurales en diez, veinte, o cien años si se continúa el uso productivo de estas tierras? El Dr. Davies concluyó afirmando la importancia de realizar monitoreos de largo plazo para entender la dinámica de la biodiversidad en paisajes intervenidos.

.....

Dr. Davies was impressed by the high level of optimism expressed by the presenters, in terms of the level of biodiversity to which these human-impacted lands can return. He wondered to what extent such predictions can be generalized at regional and global scales. Costa Rica might be an exception because of its high soil fertility, which might further accelerate biodiversity recovery. What would happen in the Amazonia or Borneo? Would we see the same rapidity of tree growth or return of species in degraded landscapes? Dr. Davies emphasized the need to think more

broadly about these types of studies and how to study these topics in a way that makes their results applicable at larger scales. However, if that is not possible, different models of biodiversity conservation need to be developed. All four presenters discussed one land-use type – the farmlands of Central America. There are large parts of the tropics impacted by other landuses, like timber production in Asia. Dr. Davies wondered what the prospects for biodiversity conservation in these areas were, considering that only small fractions of these nations will be able to be set aside for conservation. A different set of questions arises from different land-use types, implying the need for different biodiversity conservation strategies. In terms of the work that CTFS does, long-term monitoring of tropical forest dynamics, it is interesting to think about what we would find. Would we find high levels of diversity in agricultural landscapes 10, 20, or 100 years later if these lands remain in farmland? Dr. Davies concluded by stating the importance of conducting long-term monitoring in order to see the long-term dynamic of studies of biodiversity in agricultural landscapes.

.....

El Dr. Ashton observó que los patrones de cambio de uso de suelo en Centroamérica son similares a los de Asia. Los expositores recopilaron información útil sobre la regeneración en el sotobosque de plantaciones, la contribución de las abejas en los agro-paisajes, y el aporte de las cercas vivas y árboles de distintas formas y tamaños a la conservación de la biodiversidad en los paisajes intervenidos. Esta información es un buen resumen de la biodiversidad en los paisajes agrícolas, particularmente para la Costa Pacífica de Centroamérica. ¿Qué pasará en esta región en el futuro, cuando ocurran cambios en el uso del suelo y la colonización de las tierras? ¿Cómo puede aplicarse la documentación de estos procesos al futuro manejo de la diversidad de estos paisajes? Hoy en día, una gran parte de América Central está pasando por la segunda etapa de transformación de su terreno, particularmente en regiones donde la ganadería ha dejado de ser rentable. Estas tierras se están convirtiendo en casas de recreo o regresando a bosques secundarios. Los cambios en el uso del suelo como la reforestación o la sucesión secundaria afectarán la biodiversidad de distintas maneras. En ciertas circunstancias donde los suelos son más fértiles, estas tierras se convertirán en sistemas

aun más intensivos de agricultura. Por ejemplo, en ciertas áreas de la Costa Pacífica de Centroamérica, las fincas han aumentado en extensión y su manejo se ha intensificado aumentando las áreas cultivadas y reduciendo la diversidad; en Sri Lanka, la mayoría del té se cultiva ahora en grandes fincas y no en pequeñas parcelas. Los científicos deben usar las lecciones de los estudios sobre los fragmentos de bosques, abejas sociales y cercas vivas y aplicarlas a los futuros procesos de transformación de la tierra. También es necesario documentar los beneficios directos de la reforestación, como los servicios de la polinización y el control de predadores, de manera que pueden ser utilizados para hacer un análisis económico. Si esto se logra, científicos y conservacionistas tendrán argumentos más fuertes para lograr que se sigan recomendaciones como las que se expusieron en esta conferencia.

.....

Dr. Ashton observed similar patterns emerging in Asia as compared to the presentations made for Central America. The presenters gathered a lot of useful, baseline information about what regenerates in the understory





of plantations, the role of bees in agricultural landscapes, the role of living fences and trees in different shapes, forms, and size in contributing to the maintenance of biodiversity in the managed landscapes of today. This information is important and provides a good assessment of biodiversity in agricultural landscapes, particularly for the Pacific Coast of Central America. What will happen to this region in the future, after significant transformations in land-use types and land colonization? How can the documentation of these processes be applied to future biodiversity management of these landscapes? Already, much of Central America is undergoing a second phase of land transformation with ranching land, especially in regions where smallholders can no longer provide for their families, being sold for second homes, and/or reverting to second growth forests. Such land transformations as reforestation and secondary succession, will affect biodiversity differently. In other circumstances, there will be a significant amount of land conversion to more intensive agricultural systems where soils are more fertile. For example, in certain areas of the Pacific Coast of Central America ranches have increased in size and have intensive management activities that increased field size and reduced diversity; tea in Sri Lanka is now being produced primarily by large tea estates rather than smallholder farms. Researchers need to use the lessons extracted from studying forest fragments, social bees, and live fences, and apply them to the land transformation processes of the future. Also, we need to document the direct benefits of reforestation, such as pollination services and predation control in a way that can be used for economic analysis. In doing this, Dr. Ashton asserted that the scientific and conservation communities can provide a stronger argument for following some of the recommendations, such as those presented at this conference.

Recursos Bibliográficos para Mayor Información

Resources for More Information

Ashton, M.S., J. O'Hara, and R. Hauff (Eds.). 1999. *Protecting Watershed Areas: Case of the Panama Canal*. Haworth Press. Binghamton, New York. 214 p.

Ashton, M. and F. Montagnini (Eds.). 2000. *The Silvicultural Basis for Agroforestry Systems*. CRC Press. Boca Raton, Florida, USA. 278 p.

Brosi, B.J., G.C. Daily, and P.R. Ehrlich. 2007. *Bee community shifts with landscape context in a tropical countryside*. *Ecological Applications* 17: 418-430.

Brosi, B.J., G.C. Daily, and F. Davis. 2006. *The conservation value of agricultural and urban landscapes*. In: *The Endangered Species Act at Thirty: Conserving Biodiversity in Human-Dominated Landscapes*. J.M. Scott, D.D. Goble, F.W. Davis, and G. Heal (Eds.). Island Press. Washington, D.C.

Brosi, B.J., A. Smith-Pardo, and V.H. González. 2006. *A new wood-nesting Neocorynura (Hymenoptera: Halictidae: Augochlorini) from Costa Rica, with notes on its biology*. *Zootaxa* 1189: 55-68.

Carnevale, N. J. and F. Montagnini. 2002. *Facilitating regeneration of secondary forests with the use of mixed and pure plantations of indigenous tree species*. *Forest Ecology and Management* 163: 217-227.

Chacón, M. and C. A. Harvey. 2006. *Live fences and landscape connectivity in a neotropical agricultural landscape*. *Agroforestry Systems* 68: 15-26.

Cusack, D. and F. Montagnini. 2004. *The role of native species plantations in recovery of understory diversity in degraded pasturelands of Costa Rica*. *Forest Ecology and Management* 188: 1-15.

Harvey, C.A., F. Alpizar, M. Chacón, and R. Madrigal. 2005. *Assessing linkages between agriculture and biodiversity in Central America: historical patterns and future perspectives*. The Mesoamerican And Caribbean Region. Conservation Science Program. The Nature Conservancy, San José, Costa Rica.



Harvey, C. A., et al. 2005. *Contribution of live fences to the ecological integrity of agricultural landscapes in Central America*. Agriculture, Ecosystems and Environment 111: 200-230.

Harvey, C. A., et al. 2006. *Patterns of animal diversity associated with different forms of tree cover retained in agricultural landscapes*. Ecological Applications 16(5): 1986-1999.

Montagnini, F. 2005. *Plantaciones forestales con especies nativas: una alternativa para la producción de madera y la provisión de servicios ambientales*. Revista Recursos Naturales y Ambiente 43: 26-33.

Montagnini, F. and C.F. Jordan. 2005. *Tropical Forest Ecology. The Basis for Conservation and Management*. Springer-Verlag. Berlin-New York. 295 p.

Montagnini, F., D. Cusack, B. Petit, and M. Kanninen. 2005. *Environmental Services of Native Tree Plantations and Agroforestry Systems in Central America*. Journal of Sustainable Forestry 21(1): 51-67.

Mora, J., J. Andrade, C.A. Harvey, and M. Ibrahim (Eds). 2003. *Producción y servicios ambientales en sistemas silvopastoriles*. Agroforestería en Las Américas 10(39-40): 127 p. (special edition on FRAGMENT project, including 13 technical articles in Spanish)

Schroth, G, G. A. B. Fonseca, C. A. Harvey, C. Gascon, H. L. Vasconcelos, and A. M. N. Isaac. 2004. *Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes*. Island Press. Washington, D.C. 523 p.

Zamora, C.O. and F. Montagnini. 2007. *Seed Rain and Seed Dispersal Agents in Pure and Mixed Plantations of Native Trees and Abandoned Pastures at La Selva Biological Station, Costa Rica* Restoration Ecology 15 (3): 453 – 461.



Información de Contactos

Contact Information

Jefferson S. Hall

Applied Ecology Program, Center for Tropical Forest Science

e-mail: hallje@si.edu

Florencia Montagnini

School of Forestry and Environmental Studies, Yale University

e-mail: florencia.montagnini@yale.edu

Berry Brosi

Center for Conservation Biology, Stanford University

e-mail: bbrosi@stanford.edu

Celia Harvey

Tropical Agricultural Research and Higher Education Center (CATIE)

e-mail: c.harvey@conservation.org

Joel Sáenz

Universidad Nacional, Costa Rica

e-mail: jsaenz@una.ac.cr

Stuart Davies

Center for Tropical Forest Science

e-mail: sdavies@oeb.harvard.edu

Mark S. Ashton

School of Forestry and Environmental Studies, Yale University

e-mail: mark.ashton@yale.edu

Javier Mateo-Vega

Environmental Leadership & Training Initiative (ELTI)

e-mail: javier.mateovega@yale.edu

mateoj@si.edu



Participantes Institucionales

Institutional Participants

The Native Species Reforestation Project (PRORENA)

www.prorena.org

Center for Tropical Forest Science

www.ctfs.si.edu

Yale School of Forestry and Environmental Studies

www.environment.yale.edu

Tropical Agricultural Research and Higher Education Center (CATIE)

www.catie.ac.cr

Comité Editorial

Editorial Board

Editor - Dylan Craven

Assistant Editors - Javier Mateo -Vega, Kristen Welsh

Translation - Dylan Craven, Alicia Calle, Adriana Sautú

Layout & Design - STRI Digital Imaging Laboratory

Publisher - Impresora Pacifico, S.A.

