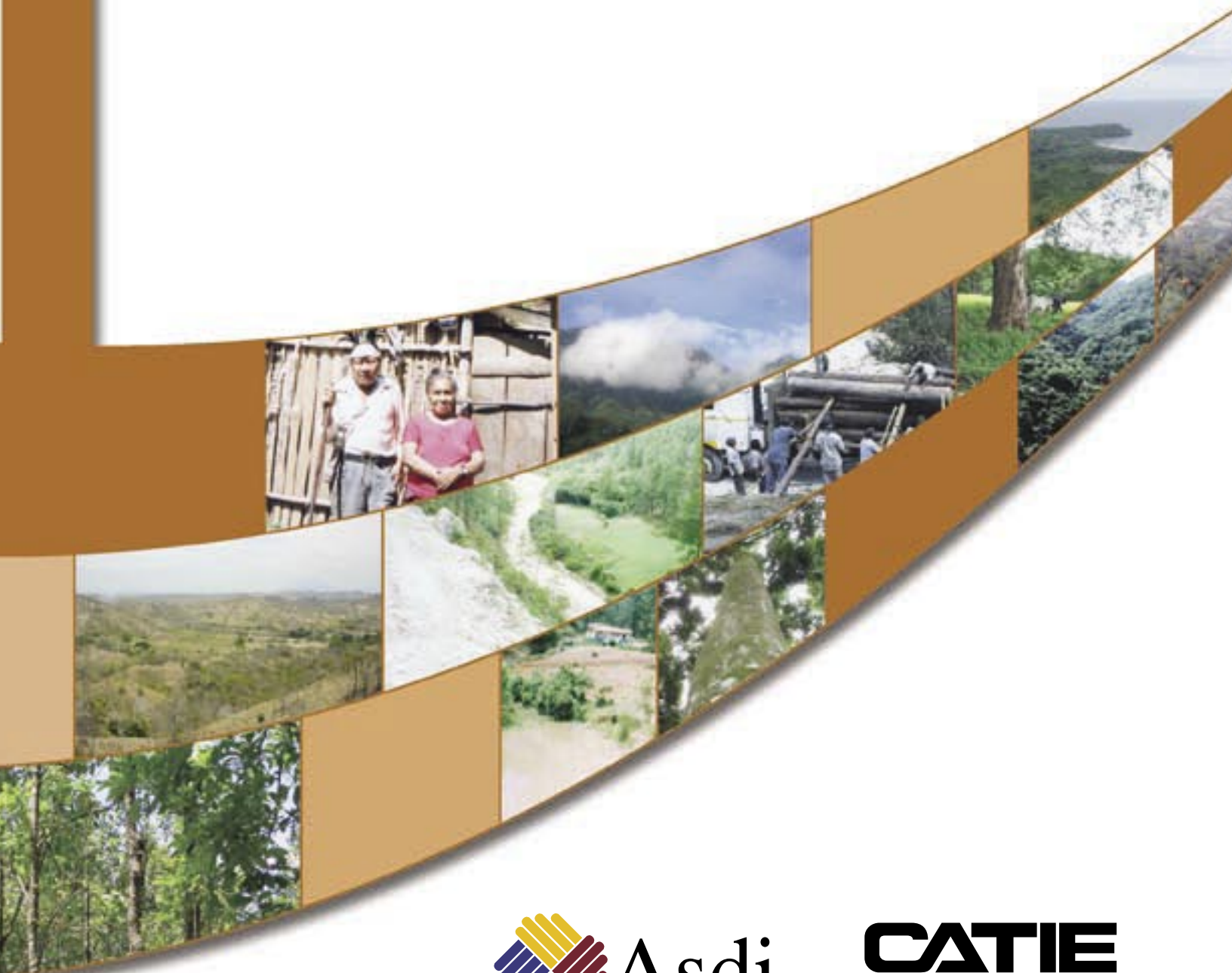


Recursos Naturales y *Ambiente*

ISSN 1659-1216

No. 45 Agosto 2005



CATIE
Centro Agronómico Tropical
de Investigación y Enseñanza

La revista Recursos Naturales y Ambiente es producida por el Departamento de Recursos Naturales y Ambiente del CATIE, Sede Central.

Comité Editorial Internacional

José Joaquín Campos
CATIE

Ronnie de Camino
Universidad para la Paz

Glenn Galloway
CATIE

Anita Varsa
Course Coordinator National Board of Education, Finland

Manuel Guariguata
Convenio sobre la Diversidad Biológica, Montreal, Canadá

David Kaimowitz
Director del CIFOR

Florencia Montagnini
Universidad de Yale

Gerardo Budowski
Universidad para la Paz

Kenton Miller
World Resources Institute, USA

Comité Editorial Operativo CATIE

Róger Villalobos
Lorena Orozco
Alexandra Cortés
Zenia Salinas
Dietmar Stoian
Francisco Jiménez
Fernando Carrera

Equipo de Producción

Róger Villalobos, Director
Lorena Orozco, Editora
Emilce Chavarría, Secretaria
Elizabeth Mora, Corrección de estilo
Rigoberto Aguilar, Revisión bibliográfica
Alexandra Cortés, Supervisión gráfica y difusión
Esteban Montero, Diseño y diagramación
Guiselle Brenes, Internet

Esta revista está indizada en las bases de datos CABI, Tropag & Rural, Latindex, entre otras.

Impreso en papel reciclable 

CATIE
Centro Agronómico Tropical
de Investigación y Enseñanza

Recursos Naturales y Ambiente

ISSN 1659-1216

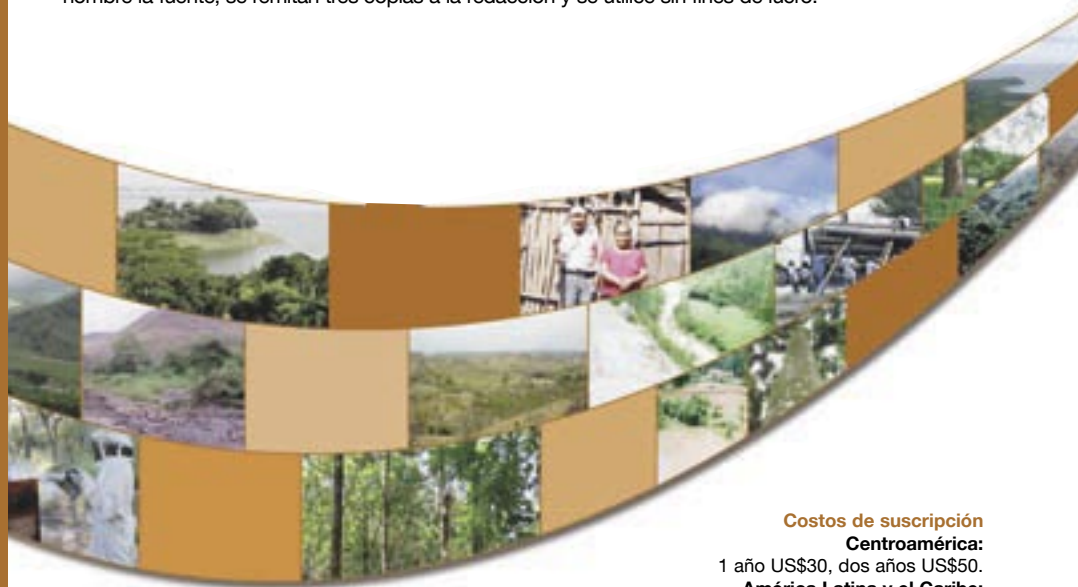
El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) es un centro regional dedicado a la investigación y la enseñanza de posgrado en agricultura, manejo, conservación y uso sostenible de los recursos naturales. Sus miembros regulares son: el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Belice, Bolivia, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, República Dominicana y Venezuela. El presupuesto básico del CATIE se nutre de generosas aportaciones anuales de estos miembros.

Dr. Pedro Ferreira
Director General

- La Revista Recursos Naturales y Ambiente, continuación de la Revista Forestal Centroamericana, es una publicación trimestral, con una perspectiva integral, biológica, social y económica del aprovechamiento y conservación de los ecosistemas naturales y forestales, y del desarrollo rural.
- Nuestra Revista, que tiene un ámbito geográfico latinoamericano, espera servir como un foro donde se propongan y analicen modelos y experiencias de trabajo relevantes para los técnicos, productores y empresarios, para los gobiernos locales y para las autoridades estatales.

Los contenidos, ideas u opiniones expresadas en los artículos son responsabilidad de los autores; no reflejan necesariamente la opinión de los comités de la Revista Recursos Naturales y Ambiente ni del CATIE.

Se permite la reproducción parcial o total de la información aquí publicada, siempre y cuando se nombre la fuente, se remitan tres copias a la redacción y se utilice sin fines de lucro.



Costos de suscripción

Centroamérica:

1 año US\$30, dos años US\$50.

América Latina y el Caribe:

1 año US\$40, dos años US\$65.

Resto del mundo:

1 año US\$50, dos años US\$85.

Sede Central CATIE 7170, Turrialba, Costa Rica
Tel. (506) 558 2312 Fax (506) 558 2051 Correo: rforest@catie.ac.cr

www.catie.ac.cr



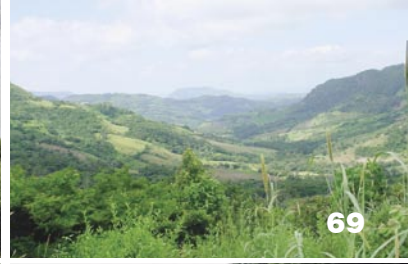
6



17



34



69



81



105



112



120

Revista Recursos Naturales y Ambiente No. 45 2005

Editorial 4

FORO

El Bosque Modelo. Una plataforma territorial para la aplicación del enfoque ecosistémico. *Olga Corrales, Fernando Carrera, José Joaquín Campos* 6

COMUNICACIÓN TÉCNICA

Usos predominantes de la tierra y potencial de recarga de agua en la cuenca del río Gama, Distrito Federal, Brasil. *Ericka Vilela, Francisco Jiménez* 13

Dinámica del uso de la tierra y la oferta hídrica en la cuenca del río Guacerique, Tegucigalpa, Honduras. *Alex Javier Hernández, Sergio Velásquez, Francisco Jiménez, Samuel Rivera* 21

Evaluación del servicio ambiental hídrico en la cuenca alta del río Lempa y su aplicación en el ajuste de la tarifa hídrica del área metropolitana de San Salvador. *Ricardo Calles, Mario Piedra* 28

Organización, regulación y tecnologías para el manejo y conservación del recurso hídrico en la subcuenca del río Aguas Calientes, Nicaragua. *Ana Lucía Lortó Berríos, Cornelius Prins, Francisco Jiménez* 36

Articulación de metodologías de evaluación como base para la formulación del Plan Maestro Integral de la microcuenca del río Nimboyores y su área de influencia, Guanacaste, Costa Rica. *Esperanza Burgos, Francisco Jiménez, German Matamoros* 43

La Mancomunidad de municipios como estrategia para la gestión del riesgo. El caso de la Mancomunidad de Municipios del Centro de Atlántida (MAMUCA), Honduras. *Aidet Díaz, Francisco Jiménez, Cornelius Prins, Francisco Alpizar* 51

Riesgo de contaminación en aguas superficiales en la microcuenca La Soledad, Honduras. *Alex Javier Cardona, Jorge Faustino, Francisco Jiménez, Sergio Velásquez* 59

Implementación de proyectos y programas de desarrollo en la subcuenca del río Jucuapa, Matagalpa, Nicaragua. *Luis Urbina, Francisco Jiménez* 67

Lineamientos para el Bosque Modelo Reventazón, Costa Rica. *Andrés Felipe García Azuero, José Joaquín Campos, Róger Villalobos* 74

Evaluación de la restauración del paisaje en el cantón de Hojancha, Costa Rica. *Mónica Salazar, José Joaquín Campos, Róger Villalobos, Cornelius Prins, Bryan Finegan* 81

Diversidad, composición y estructura de la vegetación en un paisaje fragmentado de bosque seco en Rivas, Nicaragua. *Dalia Sánchez, Celia A. Harvey, Alfredo Grijalva, Arnulfo Medina, Sergio Vilchez, Blas Hernández* 91

Uso de productos forestales en la Reserva Indígena Cabécar de Alto Chirripó, Costa Rica. *Mario Andrés López, José Joaquín Campos, Dietmar Stoian, Róger Villalobos* 105

Modelos alométricos para la estimación de biomasa de diez especies nativas en la región Atlántica de Costa Rica. *Marcelino Montero, Florencia Montagnini* 112

EXPERIENCIAS

Ecoturismo y desarrollo rural en el Parque Nacional La Cangreja, Costa Rica. *Enrique Díaz González, Kris van Koppen, Jan Breiting, Ronnie de Camino* 120

Editorial

Desastres, gestión del riego y manejo de cuencas

La frecuencia con que la humanidad está siendo afectada por desastres asociados a amenazas naturales va en constante aumento. Webster *et al.* (2005)¹, luego de analizar los ciclones tropicales durante los últimos 35 años, concluyen que existe un fuerte incremento en el número y proporción de huracanes que alcanzan la categoría 4 y 5 en la escala internacional Saffir-Simpson. Esta tendencia al aumento de desastres es el resultado de un mayor riesgo resultante de la interacción de dos grandes factores: 1) un número creciente de amenazas naturales, especialmente de origen hidrometeorológico (80% de los desastres en los años 90 estuvieron relacionados con el agua: tormentas, inundaciones, deslizamientos y sequías) y 2) el dramático aumento de la vulnerabilidad como consecuencia del crecimiento demográfico, de las debilidades institucionales, de la pobreza, de la falta de planificación y ordenamiento territorial, y del uso inadecuado de los recursos naturales.

El riesgo es dinámico y cambiante en la medida que también cambian los elementos que lo producen; es diferenciado en la medida en que no afecta de la misma manera a los distintos actores presentes en una comunidad; es latente y potencial, y su grado depende de la intensidad probable de la amenaza y los niveles de vulnerabilidad.

En muchos países y regiones, el aumento de la vulnerabilidad es, en gran parte, el resultado de la pobreza creciente que provoca la expansión de los asentamientos humanos y lleva la actividad productiva a lugares de riesgo (zonas de inundación, pendientes fuertes e inestables, áreas degradadas y contaminadas, etc.). Pero también existen otras causas, como el mal funcionamiento de los sistemas de protección de desastres, la ausencia o deficiente planificación preventiva (análisis de riesgo, prevención, mitigación de desastres), la falta de políticas, las estrategias e instrumentos para el manejo de cuencas y para el desarrollo humano.

Las consecuencias económicas y sociales de los desastres generalmente afectan a las personas por muchos años, y pueden terminar con logros del desarrollo e intensificar la pobreza y la desigualdad. Los

desastres son generadores de daños físicos, sociales, económicos y ambientales significativos, e incluso irreversibles cuando las sociedades afectadas no están bien preparadas para afrontarlos ni para reducir sus impactos negativos. Escenarios dramáticos se presentan particularmente en las poblaciones pobres y excluidas, las cuales, por esas condiciones, resultan las mayores y principales víctimas y las que más dificultades tienen para recuperarse.

Las pérdidas por desastres son cuantiosas e influyen en el proceso de desarrollo de los países; además, afectan a todos los sectores socioeconómicos de manera directa e indirecta. Durante los últimos 20 años, los desastres han causado la pérdida de aproximadamente tres millones de vidas en el mundo; han afectado de manera adversa por lo menos a 900 millones de personas adicionales, y han causado pérdidas por más de 60.000 millones de dólares en daños a la propiedad.

En América Latina también los desastres naturales se han presentado cada vez con mayor capacidad destructiva. En 1985, varios terremotos devastadores asolaron las zonas urbanas de Chile y México y causaron la muerte de más de 10.000 personas. El mismo año, la erupción del volcán Nevado del Ruiz, en Colombia dejó un saldo de 23.000 víctimas. Los huracanes han cobrado miles de vidas y han provocado grandes destrozos de infraestructura y servicios básicos en el Caribe, Venezuela, Perú, Centroamérica y México. En 1998, una sola tormenta -el huracán Mitch- costó la vida de cerca de 10.000 personas en cinco países e igual número de desaparecidos; además, provocó la pérdida de muchos años de inversiones en desarrollo económico y social. Las recientes inundaciones (octubre del 2005) en el sur de México, Guatemala y El Salvador han llevado a la declaración del estado de calamidad nacional en estos últimos dos países.

Mucha de la destrucción causada por los desastres se puede evitar. La gestión del riesgo se refiere a la capacidad de una comunidad de manejar y transformar las condiciones que permiten o favorecen un desastre, antes de que este ocurra. La gestión del riesgo se fundamenta en el conocimiento de los factores (amenazas y vulnerabilidad) que al combinarse producen efectos negativos (desastre) en una comunidad y el ambiente.

¹ Webster PJ; Holland, GJ; Curry JA; Chang HR. 2005. Changes in tropical cyclone number, duration, and intensity in a warming environment. *Science* 309: 1844-1846.

Además la gestión del riesgo ayuda a calcular cualitativa y cuantitativamente los efectos, a fin de prevenirlos, evitarlos y mitigarlos, interviniendo en las causas que los producen o favorecen. En todo ese proceso es necesaria una participación amplia y sostenida de las comunidades, los gobiernos locales, gobiernos centrales, organizaciones no gubernamentales, grupos organizados, instituciones, donantes y cooperantes internacionales.

La relación entre desarrollo y desastres se ha ido haciendo cada vez más evidente y la gestión del riesgo se empieza a reconocer como una inversión eficaz e inmensamente más económica y humana que la rehabilitación. Sin embargo, la capacidad de los países en desarrollo para incluir el concepto subyacente en sus políticas nacionales es aún limitada, ya que es principalmente la población pobre de las zonas afectadas la que sufre las pérdidas y problemas correspondientes. Urge, entonces, que la gestión del riesgo se incluya como un componente obligatorio de los proyectos y programas de desarrollo; mientras tanto, la solidaridad, el compromiso y la cooperación real y generosa deben guiar los sentimientos y actuaciones de nuestra sociedad.

El manejo integrado de los recursos naturales en el marco de las cuencas hidrográficas, con alternativas viables en términos económicos, sociales y ambientales representa una vía idónea para la mitigación y reducción de la vulnerabilidad a los desastres naturales. Los esfuerzos de prevención, preparación, mitigación y reconstrucción en casos de desastres deben tomar en cuenta los vínculos fundamentales que existen entre la actividad humana, los procesos naturales y las interdependencias entre las parte alta, media y baja de las cuencas hidrográficas.

Los recursos físicos y biológicos de las cuencas hidrográficas proporcionan bienes y servicios a las poblaciones humanas, incluida la protección de las fuentes hídricas, mitigación de los efectos de los desastres naturales mediante la regulación de la escorrentía, la protección de los recursos costeros y la pesca, la protección de las zonas edificadas (viviendas, transporte y demás infraestructura económica y social) y la protección de la agricultura en tierras bajas de alta productividad. Así, la gestión de cuencas hidrográficas y la gestión del riesgo constituyen componentes inseparables para enfrentar el desafío de la reducción de desastres, pues existe total consenso entre los especialistas en que los desastres no son naturales.

Francisco Jiménez
Coordinador del Grupo Manejo
Integrado de Cuencas Hidrográficas
CATIE
fjimenez@catie.ac.cr

El Bosque Modelo

Una plataforma territorial para la aplicación del enfoque ecosistémico

Olga Corrales

*Red Regional de Bosques Modelo para América Latina y el Caribe (LAC-Net)
corrales@catie.ac.cr*

Fernando Carrera

*Cooperante Cuso y Departamento de Recursos Naturales y Ambiente
CATIE.
fcarrera@catie.ac.cr*

José Joaquín Campos

*Departamento de Recursos Naturales y Ambiente CATIE.
jcampos@catie.ac.cr*

Los retos de las zonas rurales son comunes: la reducción de la pobreza con el debido respeto a los ecosistemas y la dignidad de las comunidades. Una herramienta de gobernabilidad participativa a nivel de paisaje es vital para alcanzar este objetivo. Como proceso social, no existe un modelo único y estático. En su justa medida, el bosque modelo con sus retos y oportunidades, provee una opción útil en una realidad globalizada y cambiante.



Fotos: LAC-Net.

Hacia una visión ecosistémica del desarrollo

En las puertas del nuevo siglo, 189 líderes del mundo se reunieron para firmar la Declaratoria de los Objetivos de Desarrollo del Milenio. En este documento, los países del mundo declaraban que la pobreza era un tema “global” del cual todos somos corresponsables (Millennium... 2005). Esta declaratoria también incluye metas e indicadores en torno a la educación de las niñas, las enfermedades terminales prevenibles, la biodiversidad y la cobertura boscosa. Tres décadas antes, en Estocolmo, se acuñaba la definición clásica del desarrollo sostenible¹ y se aceptaba que la protección del ambiente era un reto global.

Entre uno y otro marco, ha habido diálogo constante y apasionado en torno a los bienes (y los males) ambientales considerados como globales. Los temas en la agenda internacional han incluido la capa de ozono, el calentamiento global, los mares internacionales y el espacio. Estos diálogos han acercado a científicos y tomadores de decisiones, a activistas y académicos, a bloques de países y sus comunidades indígenas. Hoy, como nunca en la historia del Derecho Ambiental Internacional, ciudadanos del mundo demandan su derecho a participar de y conocer sobre los diálogos en el seno de los foros internacionales. Hoy, como nunca en la historia, los ciudadanos se sienten directamente afectados por estos temas que otrora le eran ajenos.

La Convención sobre Diversidad Biológica y su seguimiento

Uno de estos temas ha sido, sin duda, la biodiversidad. La Convención sobre Diversidad Biológica (CDB) se firmó en Río de Janeiro en 1992, durante la llamada “Cumbre de la Tierra”, junto con los documentos marco sobre cam-

Los 12 Principios del Enfoque Ecosistémico

Para aplicar un enfoque por ecosistemas se debe:

1. Dejar en manos de la sociedad la elección de los objetivos de la gestión de los recursos de tierras e hídricos.
2. Descentralizar la gestión al nivel apropiado más bajo.
3. Tener en cuenta los efectos (reales o posibles) de las actividades en los ecosistemas adyacentes y en otros ecosistemas.
4. Comprender y gestionar el ecosistema en un contexto económico.
5. Mantener como objetivo prioritario, la conservación de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas a fin de mantener los servicios de los ecosistemas.
6. Gestionar ecosistemas dentro de los límites de su funcionamiento.
7. Aplicar a las escalas espaciales y temporales apropiadas.
8. Establecer objetivos a largo plazo.
9. Reconocer que el cambio es inevitable.
10. Procurar el equilibrio apropiado entre la conservación y la utilización de la diversidad biológica y su integración.
11. Tomar en cuenta todas las formas de información (científica, técnica, indígena, local).
12. Promover la participación de todos los sectores de la sociedad y las disciplinas científicas pertinentes.

bio climático, bosques y desertificación. En este evento, unos 170 líderes del mundo firmaron la Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo, la cual contiene 27 principios básicos para la gestión ambiental. Estos incluyen la relación interdependiente e indivisible entre protección al ambiente, desarrollo y paz, y el reconocimiento expreso del papel de las mujeres y de las comunidades indígenas en la gestión ambiental.

La conferencia de las partes (COP), con representación de todos los países signatarios, es el órgano máximo de decisión de la CDB. En las COP se adoptan lineamientos de política internacional, tales como el acuerdo sobre bioseguridad adoptado en el 2000. Desde 1992 al día de hoy, la COP se ha reunido siete veces; la próxima reunión será en Curitiba, Brasil, en el 2006.

La Convención creó dos cuerpos más de gobernabilidad: la Secretaría, cuya sede está en Montreal y coordina los aspectos gerenciales, y el Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico, Técnico y Tecnológico (SBSTTA, por sus siglas en inglés), que procura el consenso en aspectos claves que guíen el diálogo entre quienes toman las decisiones.

La construcción del enfoque ecosistémico

En la segunda reunión de la COP, celebrada en Yakarta, Indonesia en 1995, se adoptó el enfoque ecosistémico como principal marco para las actividades del convenio. Sin embargo, la complejidad del concepto llevó a la COP a solicitar al SBSTTA que elaborara principios orientadores de la aplicación del concepto. En las dos COP siguientes se adoptaron 12 principios que han servido de guía para todas las actividades de los órganos de la Convención, sus mecanismos de financiamiento y cumplimiento de los compromisos de la CBD en muchos de los países del mundo.

Según la CDB, el enfoque ecosistémico -también conocido como enfoque por ecosistemas²- es una estrategia para la gestión integrada de tierras, extensiones de aguas y recursos vivos por la que se promueve la conservación y utilización sostenible de modo equitativo (UCDB 2002). La aplicación del enfoque ecosistémico se considera útil para alcanzar un equilibrio entre las tres metas del Convenio: *conservación, utilización sostenible, y distribución justa y equitativa de los beneficios generados por la utilización de los recursos genéticos.*

¹ La Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, en su informe Nuestro Futuro Común (CMMAD 1988) define el desarrollo sostenible, en el sentido más general, como “el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades”.

² En nuestra opinión “enfoque por ecosistemas” puede llevar a la confusión en que la orientación es por los ecosistemas, y no de un enfoque sistémico como en realidad se pretende.

En dicho enfoque se reconoce que los seres humanos, con su diversidad cultural, constituyen un componente integral de los ecosistemas. Esto implica que no existe una sola manera de aplicar el enfoque ecosistémico, pues ello depende de las condiciones específicas en los niveles local, nacional, regional o mundial.

Este enfoque aboga por la necesidad de involucrar a la mayor cantidad posible de actores que afectan, o son directa o indirectamente afectados por el ambiente y los recursos naturales. Esta interacción necesariamente tiene que considerar aspectos sociales, ambientales, económicos, políticos e institucionales, y manejar las actividades humanas a partir de enfoques integrados de manejo a escala de paisaje (García *et al.* 2005).

Mientras tanto, en Canadá...

Una de las iniciativas más prometedoras de manejo integrado de recursos naturales a escala de paisaje lo constituye la iniciativa de bosques modelo. Esta propuesta, de origen canadiense, fue ofrecida a la comunidad internacional durante la Cumbre de la Tierra. A mediados de 1980, en medio de un fuerte enfrentamiento entre comunidades indígenas y compañías madereras, se creó un espacio de diálogo en torno a una estrategia de uso de los recursos del bosque. El resultado de esta iniciativa se consideró un modelo de gestión del bosque: un bosque modelo.

El éxito del modelo fue tal que la estrategia de gestión se incorporó a la Estrategia Forestal Nacional de Canadá y al Acuerdo Forestal de Canadá. Al día de hoy existen 11 bosques modelo (BM) en Canadá, cuyos tamaños varían desde cien mil hasta casi ocho millones de hectáreas, con participación de los pueblos Lheidli Tenneh, Saskatchewan y Moose Cree, además de las compañías madereras y petroleras más importantes de Canadá, universidades, gobiernos locales y provinciales.

El concepto proyectado al mundo A nivel internacional, la iniciativa de BM redundó en la creación de una Red Internacional de Bosques Modelo (RIBM) en 1995, cuya Secretaría tiene su sede en IDRC³, Canadá. Hoy, diez años después, hay 40 BM en 18 países de cuatro continentes. La RIBM permite el intercambio entre China y Suecia; Camerún y la Patagonia, y el Bosque Modelo Reventazón con sus similares en el continente americano y en otras latitudes.

Una masa crítica de BM en una región determinada ha propiciado la formación de redes regionales. Tal es el caso de la Red de Bosques Modelo de Latinoamérica y el Caribe (LAC-Net), constituida en el 2002, cuyo anfitrión a partir de este año es el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). LAC-Net está conformada por diez BM (Fig. 1) consolidados y cinco más en proceso. LAC-Net incluye entre sus paisajes 50 áreas protegidas, cuatro de los sitios prioritarios de la biodiversidad (*hot spots*) y más de 100 aliados del sector público, privado, académico y ONG.

Bueno, pero... ¿qué es un bosque modelo?

Un BM es un proceso de gestión participativa a nivel de paisaje, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de sus habitantes a través del uso sostenible de los recursos. En principio, estos paisajes se han definido en torno a los servicios directos e indirectos que una zona boscosa ofrece; sin embargo, un bosque modelo es mucho más que un bosque.

Hoy podemos aventurarnos a definir cinco atributos básicos de un BM: paisajes, alianzas, sostenibilidad, gobernabilidad y trabajo en redes.

■ **Paisajes.** Los BM abarcan la diversidad de valores de un paisaje, lo que supone un área lo suficientemente grande como para englobar todos los usos directos e indirectos de un determinado ecosistema a nivel

operativo. Se incluyen áreas boscosas productivas y de protección, zonas agrícolas y ganaderas, áreas protegidas, cuerpos de agua (ríos y lagunas), e inclusive centros poblados. Un BM puede abarcar cuencas hidrográficas enteras o reservas de biósfera; inclusive puede sobrepasar las divisiones políticas territoriales propias de un país.

■ **Alianzas.** El BM es una asociación voluntaria localmente relevante, cuyos miembros representan plenamente las fuerzas reales indispensables para concretizar una visión en beneficio común. Estas asociaciones operan sobre la base de transparencia y consenso, poniendo en práctica los principios de cooperación, comprensión y respeto entre las personas.

■ **Gobernabilidad.** El BM no es una autoridad jurisdiccional sobre el territorio ni reemplaza la labor del Estado, sino que la complementa y fortalece. Está presidido por un directorio que representa los diferentes intereses de la sociedad: organizaciones comunales de base (incluyendo comunidades indígenas o “primeras naciones”), ONG, industria, cámaras de comercio, gobierno local, academia e investigación, entre otras. Si bien el papel del gobierno central es crucial, dado que la voluntad política es indispensable para hacer funcionar un BM, la clave está en la amplia base de participación local y la claridad de mecanismos de toma de decisión. Este enfoque ayuda a que las diversas partes interesadas reconozcan el impacto de sus actividades en el entorno.

■ **Sostenibilidad.** Los BM trabajan con enfoques de desarrollo que buscan la sostenibilidad e integran la conservación de los recursos a escala de paisaje, el desarrollo económico local y la participación de diferentes sectores involucrados. Esto permite generar soluciones locales para iniciativas y com-

³ International Development Research Center

promisos nacionales y globales de desarrollo sostenible. Con la participación de los beneficiarios directos e indirectos de los servicios del bosque en la toma de decisiones se aumenta la posibilidad de que tales beneficios se perpetúen, y que lleguen a ser equitativos.

■ **Redes.** Los BM reconocen que en la gestión ambiental no hay respuestas absolutas; es por ello que se reconoce la cooperación horizontal como una herramienta útil para la creación de capacidades y aprendizaje conjunto. Las redes nacionales (Argentina y Canadá), regionales (Latinoamérica y el Caribe) e internacionales (Secretaría Internacional) procuran facilitar esta cooperación intra-red, entre redes y con otras redes de conocimiento y cooperación.

En resumen el concepto de BM provee un marco de trabajo que propicia una amplia y significativa participación y colaboración en aspectos

de manejo de recursos naturales, desarrollo comunitario y desarrollo económico. Cabe preguntarse si el término ‘bosque modelo’ se ha quedado corto en el devenir de esta iniciativa. ¿Sería tal vez más oportuno hablar de ‘paisajes’ modelo?

¿Cuál es, entonces, la relación entre los principios del enfoque ecosistémico y el BM?

El enfoque ecosistémico empezó con una visión enfocada en conservación y fue evolucionando hacia un enfoque más sistémico e integrador, a la vez que fomentaba la participación de la sociedad y la integración de las necesidades socioeconómicas (Wilkie 2003, citado por García *et al.* 2005). Como ciencia social en constante evolución, es posible que estos 12 principios se amplíen, revisen y cambien en el transcurso del diálogo y la retroalimentación. Al día de hoy, sin embargo, podemos referirnos brevemente a cómo se aplican los actuales principios a la gestión

de los paisajes de gestión por parte de la red de bosques modelo.

Principio 1: La definición de los objetivos para la gestión de los recursos tierra, hídrico y vivos debe quedar en manos de la sociedad

El espíritu de este principio se centra en que los ecosistemas deben ser administrados “*de manera justa y equitativa, por sus valores intrínsecos y por sus beneficios tangibles o intangibles para los seres humanos*” (CDB 2004). El principio aboga por buenos procesos de toma de decisiones que permitan establecer negociaciones y compromisos, y que impulsen la participación de todas las partes interesadas; en particular, las comunidades indígenas y locales.

En la novena región del extremo sur de Chile, el Bosque Modelo Araucaria del Alto Malleco es uno de los mejores ejemplos de cómo un bosque modelo facilita la gestión en manos de la sociedad. En el directorio de este BM, formado por 22 personas, tres colonos y ocho indígenas mapuche-pehanches comparten la mesa de decisión y logran acuerdos. Antes del 2001, cuando se creó este BM, los conflictos relacionados con reclamos de tierras ancestrales habían provocado actos de violencia entre ambos grupos. El BM fue reconocido con el premio Nacional a la Innovación Ciudadana en el 2004 bajo el Programa Ciudadanía y Gestión Local de la Universidad de Chile. Premio bien merecido, sin lugar a dudas.

Principio 2: La gestión debe descentralizarse al nivel apropiado más bajo.

La razón detrás de este principio está en la creencia de que “*cuanto más se acerque la gestión al ecosistema, mayor será la responsabilidad, la propiedad, las exigencias, la rendición de cuentas, la participación y la utilización de los conocimientos locales*” (CDB 2004). El principio establece, sin embargo,

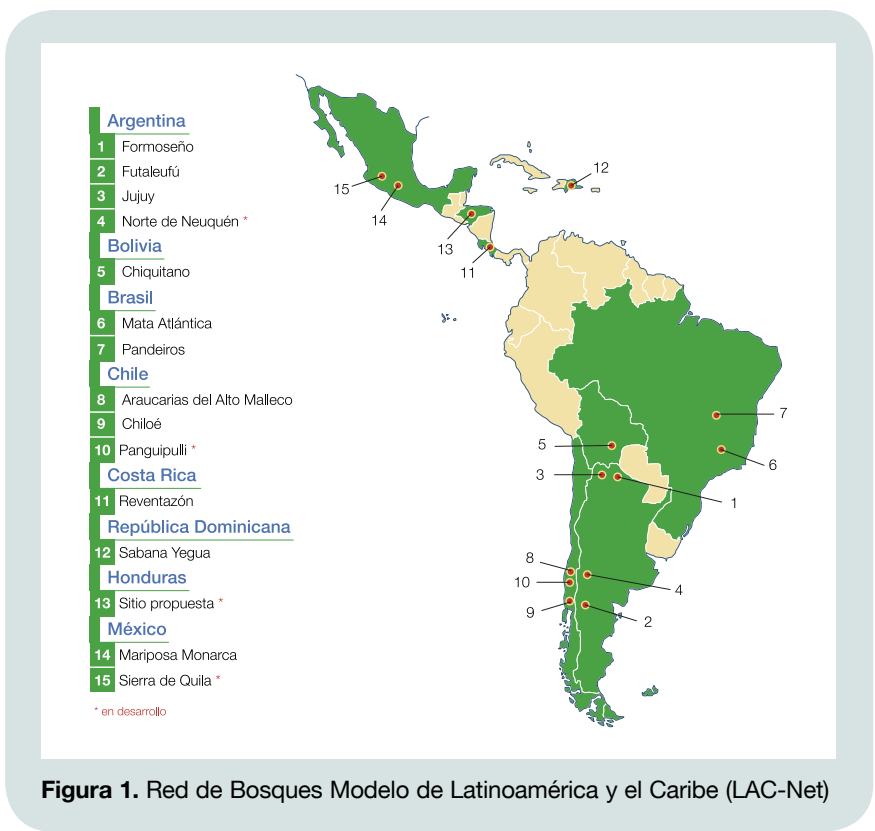


Figura 1. Red de Bosques Modelo de Latinoamérica y el Caribe (LAC-Net)

que el logro de un nivel adecuado de descentralización exige la toma de decisiones a un nivel superior a fin de crear un ambiente favorable y de apoyo, así como un compromiso para delegar responsabilidades.

El Foro Global de Bosques Modelo

Del 6 al 12 de noviembre del 2005, en celebración de los diez años de creación de la Secretaría Internacional de Bosques Modelo, LAC-Net y el CATIE serán anfitriones del Foro Mundial de Bosques Modelo.

En Costa Rica se reunirán representantes de los 40 Bosques Modelo ubicados en 17 países de los cinco continentes, así como países interesados en promover sus propios bosques modelo.

También han confirmado su participación donantes claves y los directorios de todas las redes regionales del mundo.

En el directorio de los BM se crean espacios para la gobernabilidad, tratando de mantenerse lo más cerca posible de los recursos. Sin embargo, a nivel de Directorio Regional, la autoridad reside en el más alto nivel. Esto permite crear el ambiente habilitador para las decisiones y recomendaciones del Directorio. Por ejemplo, en Costa Rica la autoridad máxima es el Ministerio de Ambiente y Energía, el órgano rector a nivel nacional. En Brasil, se trata de la autoridad equivalente a nivel

estatal, específicamente en el estado de Minas Gerais donde se ubican los BM Mata Atlantica y Pandeiros.

Principio 3: Los administradores de ecosistemas deben tener en cuenta los efectos (reales o posibles) de sus actividades en los ecosistemas adyacentes y en otros ecosistemas.

Los ecosistemas tienen una estructura abierta y a menudo se conectan con otros ecosistemas. Al respecto, una de las directrices de aplicación señala que *“cuando los impactos de la gestión o utilización de un ecosistema tenga (o se espera que tenga) efectos en otro lugar, reúnanse a los interesados pertinentes y el conocimiento especializado técnico para considerar la mejor manera de reducir al mínimo las consecuencias adversas”* (CDB 2004).

Los BM utilizan dos herramientas para enfrentar este tipo de problemas. La primera es la extensión del bosque modelo y la segunda es la inclusión en el directorio de socios académicos especializados que brinden el conocimiento técnico necesario para la toma de decisiones en el directorio.

En el primer caso, trabajar a escala de paisaje posibilita que dentro de sus límites se abarquen otros ecosistemas. Por ejemplo, el BM Chiquitano en Bolivia, con más de 4,8 millones de hectáreas abarca ecosistemas de bosque seco, cerrado, chaco y pantanal. Estos ecosistemas están interrelacionados entre sí. Una acción destructiva en, por ejemplo, el bosque seco puede acarrear graves consecuencias en el sistema hídrico del pantanal.

En el segundo caso, un ejemplo del conocimiento técnico especializado al servicio del BM se da en McGregor, un bosque de 7,7 millones de hectáreas en la región central de Columbia Británica. Antropólogos culturales, especialistas en sistemas de información geográfica, profesionales en gestión de recursos y líderes de la comunidad indígena Lheidli Tenneh han elaborado un pro-

ceso y un *software* para incorporar conocimientos ecológicos tradicionales a los ejercicios de planificación de escenarios en el bosque modelo.

Principio 4: Dados los posibles beneficios derivados de su gestión, es necesario comprender y manejar el ecosistema en un contexto económico.

La escala de paisaje permite introducir estrategias de valoración de los servicios de los recursos y habilitar la internalización de externalidades en la gestión de los mismos. El BM de Chiloé lidera el diseño y ejecución de un sistema de pago por servicios ambientales, en coordinación con la empresa de agua del lugar. Se espera que el sistema sirva de modelo para la formulación de políticas a nivel macro sobre pago por servicios ambientales en el país.

Por otro lado, una estrategia recomendada para los bosques modelo es la integración del sector privado en sus directorios. En el BM Chiquitano, así como en los bosques más consolidados de Canadá, las compañías petroleras tienen asegurado un espacio donde defender sus posiciones y dialogar con las comunidades, en el seno del directorio. En el proceso de construcción del Bosque Modelo Reventazón, la Cámara de Comercio, Industria y Turismo es gestora de la iniciativa, así como la Asociación de Horticultores de la zona. Esa visión de los beneficios económicos de los servicios del paisaje se considera una dimensión crucial que enriquece el diálogo en torno al uso sostenible de los recursos del paisaje.

Principio 5: La conservación de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas, para mantener los servicios por ellos provistos, debería ser un objetivo prioritario del enfoque por ecosistemas.

Muchas veces se ha cometido el error de proteger especies para garantizar su conservación (enfoque

reduccionista), olvidando que lo más importante es la conservación del ecosistema por las interacciones que ocurren a lo interno y entre ecosistemas (enfoque sistémico). El establecimiento y manejo de áreas protegidas es una forma de promover la conservación de ecosistemas; de hecho, las áreas protegidas considerando su entorno son un punto esencial en el establecimiento y gestión de todo bosque modelo. Solamente en Latinoamérica y el Caribe existen unas 50 áreas protegidas dentro de los diez BM consolidados.

Por ejemplo, el BM Reventazón incluye cuatro parques nacionales (Volcán Turrialba, Volcán Irazú, Tapantí-Macizo de la Muerte, Barbilla), el Monumento Nacional Arqueológico Guayabo, cuatro zonas protectoras (cuenca del río Tuis, río Navarro y río Sombrero, La Carpintera, Tiribí), dos reservas forestales (Río Macho y Cordillera Volcánica Central), la Reserva Indígena Chirripó Cabécar y dos reservas privadas (Finca La Marta y Génesis II). La conectividad entre estas áreas protegidas se verá fortalecida mediante el establecimiento del Corredor Biológico Turrialba-Jiménez.

Principio 6: Los ecosistemas se deben gestionar dentro de los límites de su funcionamiento.

Es evidente que la filosofía de los BM tiene una connotación conservacionista, pero con un fuerte enfoque social y sin descuidar los aspectos económicos. El funcionamiento de los BM se basa en el principio de utilizar los recursos de la mejor manera posible, respetando la capacidad de uso mayor de los suelos según lo establece el Plan de Ordenamiento Territorial, así como el rendimiento sostenible cuando se aprovechan los recursos naturales.

CDB (2004) establece que *“existe una falta de conocimiento considerable e incertidumbre sobre los límites actuales en diferentes ecosistemas. Si bien una investigación ulterior puede reducir estas incertidumbres, dada la naturaleza*

dinámica y compleja es posible que nunca lleguemos a un conocimiento perfecto.” Es por ello que la CDB recomienda la aplicación del principio precautorio y el monitoreo de los efectos de diferentes intervenciones en los ecosistemas bajo un enfoque de manejo adaptativo (o “cogestión adaptativa” término que refleja la dimensión participativa de este proceso).

La Secretaría de la RIBM procura apoyar a los BM con elementos básicos de monitoreo y evaluación que se pueden adaptar a diferentes realidades. Por ejemplo, en el BM Foothills en Alberta, Canadá, el programa de investigación del oso grizzly ha ofrecido herramientas de conocimiento a compañías madereras, petroleras y de gas, que ya han empezado a adoptar medidas para proteger el ecosistema de esta especie.

Principio 7: El enfoque ecosistémico debe aplicarse a las escalas espaciales y temporales apropiadas.

Este principio hace énfasis en la necesidad de ser flexibles en cuanto a los límites políticos tradicionales diseñados con criterios que no son relevantes para el ecosistema. Esta es, en gran medida, la principal razón de ser de los bosques modelo. El BM Reventazón, por ejemplo, es gestionado por la Federación de Municipalidades de la Provincia de Cartago. El BM Chiloé comprende una isla completa; el BM Bas-Saint-Laurent se ha expandido de sus límites originales para atender solicitudes de propietarios de terrenos aledaños.

A pesar de que la CBD es flexible en la dimensión espacial del Enfoque Ecosistémico, nosotros creemos que en el caso de los recursos forestales y sus interacciones con otros usos de la tierra y recursos como el agua, el mayor beneficio de este enfoque se obtiene al aplicarlo a una escala de paisaje tal como se hace con un bosque modelo; es por esta razón que consideramos a los BM como una plataforma terri-

torial adecuada para la aplicación del enfoque ecosistémico.

Principio 8: Teniendo en cuenta las diversas escalas temporales y los efectos retardados que caracterizan a los procesos de los ecosistemas, se deberían establecer objetivos a largo plazo en la gestión de los ecosistemas.

Las directrices de aplicación de este principio explican que en la gestión de la biodiversidad se deben tomar medidas para evitar la tendencia natural de dar prioridad a las ventajas a corto plazo y los beneficios inmediatos. Se debe fortalecer la capacidad de monitoreo a largo plazo y la estabilidad de las instituciones.

Los directorios de los bosques modelo, por definición, incluyen a los dueños de la tierra. El BM Formoseño, por ejemplo, cuenta en su directorio con la Fundación de Desarrollo Aborigen, las municipalidades locales y la Universidad Nacional Formosa. Esa presencia y diversidad de actores incrementa la posibilidad de alcanzar una visión estable, sostenible y a largo plazo.

Principio 9: En la gestión debe reconocerse que el cambio es inevitable.

El instrumento principal de gestión de los BM es un plan estratégico acordado por los miembros del directorio. Esta es una herramienta de gestión dinámica y flexible que brinda al directorio los elementos técnicos de información que requiere. El plan estratégico se revisa periódicamente, según la pertinencia definida por los miembros del directorio.

El BM Fundy trabaja con una cooperativa de propietarios de terrenos forestados y un grupo de investigación, para desarrollar planes de gestión de terrenos privados forestados. El proceso ha sido muy participativo, se han desarrollado las prioridades que la comunidad tiene para las cuencas y se ha recopilado información sobre los planes de gestión.

Principio 10: En el enfoque ecosistémico se debe procurar el equilibrio apropiado entre la conservación y la utilización de la diversidad biológica y su integración.

Las directrices de aplicación de este principio establecen que para lograrlo de forma efectiva se debe: (i) promover una planificación integrada participativa que asegure la consideración y evaluación del espectro completo de los posibles valores y opciones de uso; (ii) buscar mecanismos innovadores y desarrollar instrumentos idóneos para lograr el equilibrio que convenga al problema particular y a las circunstancias locales; (iii) manejar áreas y paisajes de forma que se optimice la entrega de bienes y servicios para cumplir con los requisitos humanos, la gestión de la conservación y la calidad ambiental.

El esquema de BM surge de la noción de que cada paisaje, junto con sus protagonistas, definen la aplicación del desarrollo sostenible. En uno u otro aspecto, lo que se ha comentado hasta ahora aplica como ejemplo concreto y tangible de este principio.

Principio 11: En el enfoque ecosistémico deberían tenerse en cuenta todas las formas de información pertinente, incluyendo innovaciones y prácticas de conocimiento local, indígena y científico.

Los BM son un instrumento útil para la gestión de los conocimientos en dos sentidos. Por un lado, el acceso al conocimiento técnico generado en instituciones académicas es puesto al servicio de quienes toman las decisiones. Por el otro, se facilita y promueve el espacio a los conocimientos tradicionales indígenas, respetando su propia estrategia de manejo.

En LAC-Net, instituciones como el Instituto de Tecnología Agrícola en Futaleufu, la Universidad Nacional de Jujuy, el Instituto de Investigación Forestal en Chiloé y el CATIE forman parte del directorio. Por otra parte, las redes de BM han promovido acuerdos entre agrupaciones indí-

genas; por ejemplo, el 4 de setiembre del 2004, las primeras naciones del BM Prince Albert, los pueblos sami de Vilhelmina norte y sur y la asociación sami de Fatmomakke, Suecia firmaron una Carta de Intenciones con el propósito común de asegurar que sus culturas y tradiciones arraigadas en su entorno forestal sobrevivan – y florezcan – en un mundo que cambia rápidamente.

Principio 12: El enfoque ecosistémico debe involucrar a todos los sectores de la sociedad y las disciplinas científicas pertinentes.

La directriz del principio establece la importancia intersectorial, a nivel horizontal (en torno a un paisaje) y a nivel vertical (de lo local a lo global). Los BM, con la dinámica flexibilidad de sus directorios y unidos en redes de gestión del conocimiento, cumplen este principio con creces. Las sesiones de capacitación que las redes ofrecen a sus miembros responden a demandas de ellos mismos, e incluyen temas como planificación, monitoreo y evaluación y movilización de recursos. La variedad de formación y experiencias de los participantes enriquece el diálogo continuo entre los protagonistas de este esquema. En nuestra opinión, el espíritu de este principio es una de las mayores fortalezas que se presentan en los bosques modelo cuando se les compara con otras iniciativas a escala de paisaje.

Reflexión final

Los retos de las zonas rurales son comunes: la reducción de la pobreza

con el debido respeto a los ecosistemas y la dignidad de las comunidades. Una herramienta de gobernabilidad participativa a nivel de paisaje es vital para alcanzar este objetivo. Como proceso social, no existe un modelo único y estático. En su justa medida, el bosque modelo con sus retos y oportunidades, provee una opción útil en una realidad globalizada y cambiante.

Como proceso social, la efectividad de sus normas está en directa relación con la voluntad e integridad de las personas que conforman su plataforma de gobernabilidad. Las lecciones aprendidas serán o no útiles a otros espacios del paisaje que estén enfrentando retos comunes. Como red, nuestra misión y visión está en catapultar estas lecciones y brindar los servicios que faciliten los objetivos de los protagonistas en el campo, que son nuestros clientes.

El enfoque ecosistémico es un proceso social. Como tal, tiene sus modestos alcances y limitaciones, y oportunidad de evolucionar con la experiencia. La gran innovación del enfoque ecosistémico en relación con otros enfoques es su integralidad, ya que logra incluir en sus principios los valores sociales y económicos de los ecosistemas, la ordenación equitativa de los recursos y la gestión participativa. Es entonces, quizá la mejor expresión de un pensamiento sistémico para el manejo de recursos naturales. En este sentido, el enfoque ecosistémico se acerca a la visión de los Objetivos de Desarrollo del Milenio más que ningún otro instrumento de política internacional ambiental, y a los bosques modelo más que a muchos otros instrumentos de política y gestión a nivel de paisaje. 🌱

Literatura citada

- CDB (Convención sobre Diversidad Biológica). 2004. Directrices del Enfoque por Ecosistemas. Montreal, Canadá. 55 p. <http://www.biodiv.org/doc/publications/ea-text-es.pdf>
- CMMAD (Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo). 1988. Nuestro futuro común. CMMAD, Madrid, Alianza.
- García, A; Campos, JJ; Villalobos, R; Jiménez, F; Solórzano, R. 2005. Enfoques de manejo de recursos naturales a escala de paisaje: Convergencia hacia un enfoque ecosistémico. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 55 p. (Serie Técnica. Informe Técnico No. 340. Gestión Integrada de Recursos Naturales a escala de Paisaje. Publicación No. 1).
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and Human Well-Being: Opportunities and Challenges for Business and Industry. Washington, DC, World Resources Institute.

Usos predominantes de la tierra y potencial de recarga de agua en la cuenca del río Gama, Distrito Federal, Brasil¹

Ericka Vilela

evilela@catie.ac.cr

Francisco Jiménez

CATIE. fjimenez@catie.ac.cr

La cuenca del Gama sufre de problemas causados por la ocupación urbana desordenada en el Distrito Federal y por la actividad agrícola. Los principales problemas son la contaminación de áreas de manantiales hídricos, el uso de pesticidas, la deforestación de áreas de protección permanente y la impermeabilización del suelo. Esos problemas afectan la calidad y la cantidad de agua en los manantiales que abastecen a la población urbana y otros trastornos como erosión y sedimentación de los cuerpos de agua.



Foto: Adia Marques.

¹ Basado en Vilela Pereira, E. 2003. Usos predominantes de la tierra y la calidad del agua en la cuenca del río Gama, Distrito Federal, Brasil. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 139 p.

Resumen

Se determinaron los usos predominantes de la tierra y el potencial de recarga natural de agua en la cuenca del río Gama, localizada al suroeste del centro de Brasilia, Brasil. Por medio de imágenes de satélite e información secundaria, se analizó el tipo y extensión de actividades agrícolas, el plan de urbanización del área y la vegetación del Cerrado. El Cerrado conservado representa el 70% de la cuenca, 23% de uso urbano y 7% de uso agrícola. El río Gama abastece un tercio de agua del lago Paranoá; además, la cuenca se ubica en un área de protección ambiental que forma parte de la Reserva de la Biosfera del Cerrado. Los usos agrícolas y urbanos deben ser manejados cuidadosamente para evitar la pérdida de la riqueza genética en las áreas protegidas adyacentes. Las comunidades y el gobierno deben ponerse de acuerdo en cuanto al ordenamiento territorial del área, según la legislación ambiental vigente. El mapa de potencial de recarga natural de agua de la cuenca muestra que las áreas de mayor potencial de recarga hídrica son las que están bajo el uso de la tierra cerrado conservado en pendientes suaves. Se proponen algunas acciones necesarias para el manejo sostenible de la cuenca del río Gama.

Palabras claves: Recursos hídricos; cuencas hidrográficas; uso de la tierra; conservación de aguas; recarga de aguas; abastecimiento de agua; sostenibilidad; Reserva de la Biosfera del Cerrado; río Gama, Brasil.

Summary

Predominant land use and water charge potential in the watershed of the Gama River, Distrito Federal, Brazil. Studies were developed to evaluate the predominant land uses and the potential of natural water recharge in the Gama river basin, located to the southwest of Brasilia, Brazil. By means of satellite images and secondary information, data were collected on the type and extension of agricultural activities, the urbanization plan in the area and the Cerrado vegetation. The river basin occupation is: 70% of conserved Cerrado, 23% of urban use and 7% of agricultural use. The Gama River serves one third of the water entering into the Paranoá Lake; besides, it is located in area of environmental protection within El Cerrado Biosphere Reserve. Urban and agricultural uses must be carefully managed to avoid loss of genetic potential in adjacent protected areas. If water natural recharge potential is to be preserved in the Gama River watershed, local communities and government must get an agreement on the territorial ordering, respecting the existing environmental legislation. The map of the water natural recharge potential in the basin shows that greater hydrologic recharge is got in areas with soft slope and dense vegetation. Some actions are necessary to assure the sustainable management of the Gama river basin.

Keywords: Water resources; watershed; land use; water conservation; water charge; water supply; sustainability; Reserve of the Biosphere of the Cerrado; Gama River, Brazil.

El bioma Cerrado se localiza en el Altiplano Central de Brasil y en cuanto a extensión territorial es el segundo mayor bioma, superado solamente por la Amazonia (Sano y Almeida 1998). La ocupación desordenada de las tierras, baja generación de empleo, deforestación, sedimentación de los cursos de agua y contaminación provocada por fertilizantes, pesticidas, aguas negras y basura forman un conjunto de factores que comprometen la supervivencia de diversas especies del Cerrado. El Distrito

Federal (Brasilia) y su entorno son polos de atracción de emigrantes, por lo que el panorama que se vislumbra es la conversión del Cerrado a una gran región con intervención antrópica y pérdida de ecosistemas y de biodiversidad. Los recursos hídricos (ríos y riachuelos medianos y pequeños) están fuertemente amenazados por esta tendencia (UNESCO 2000).

El río Gama, en cuya cuenca se llevó a cabo esta investigación, es uno de los tributarios principales del sistema hídrico del lago Paranoá que

forma parte del paisaje de Brasilia y donde la población desarrolla actividades de recreación, deporte y turismo. Según la UNESCO (2000), el lago Paranoá y sus tributarios constituyen un corredor acuático entre las tres áreas núcleo de la Reserva de la Biosfera del Cerrado (Parque Nacional de Brasilia, Águas Emendadas, Área de Protección Ambiental Gama-Cabeça de Veado). La cuenca del río Gama forma parte del Área de Protección Ambiental (APA) Gama-Cabeça de Veado. La población de esta APA es

bastante diversa, debido a diferentes concentraciones humanas en las áreas urbanas y rurales y desiguales patrones de ingreso económico, escolaridad, tiempo de residencia y saneamiento público.

La cuenca del Gama sufre de problemas causados por la ocupación urbana desordenada en el Distrito Federal y por la actividad agrícola. Los principales problemas son la contaminación de áreas de manantiales hídricos, el uso de pesticidas, la deforestación de áreas de protección permanente y la impermeabilización del suelo. Esos problemas afectan la calidad y la cantidad de agua en los manantiales que abastecen a la población urbana y otros trastornos como erosión y sedimentación de los cuerpos de agua. Todo esto ocurre a pesar de la Ley Complementar No. 17, del 28/01/97, referente al Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito Federal (PDOT) (UNESCO 2003).

Los usos de la tierra, su descripción biofísica y socioeconómica y su influencia en la calidad del agua, así como la identificación de zonas de recarga hídrica, son importantes para la planificación y manejo de las zonas de uso y protección del Distrito Federal, con el fin de unir las reservas de la biosfera mediante corredores biológicos. Uno de los objetivos de la conservación de estas áreas es mantener la calidad y cantidad de agua y del ambiente para las generaciones futuras. Por otra parte, la cuenca del río Gama cumple un papel fundamental en la sostenibilidad del lago Paranoá, lo que justificó la realización de este estudio.

Metodología

Se recolectó información relevante sobre el tipo y extensión de actividades agrícolas y sobre el plan de urbanización del área. Se utilizaron imágenes de satélites e información secundaria de diferentes fuentes en



Vista del aeropuerto internacional de Brasilia, cerca del río Cedro

Foto: Adlia Marques.

las bibliotecas de la Universidad de Brasilia y la Secretaría de Urbanización del Gobierno del Distrito Federal.

Para la elaboración de la base de datos cartográficos del área de estudio se utilizaron los archivos vectoriales de las hojas número 153, 164, 168, 170, 184, 185, 186, 200, 201 e 202 del Sistema Cartográfico del Distrito Federal (SICAD), en escala 1:10.000. Los diferentes planos de información fueron identificados y separados mediante el Sistema de Información Geográfica Arc View 3.2@; posteriormente se realizó la intersección de los mismos con el límite de la cuenca del río Gama, a través del procedimiento “clipping” (proceso de extraer un subconjunto de datos de un conjunto mayor).

El mapa de potencial de recarga natural se generó mediante la combinación de los mapas de pendiente, hidrogeología y uso del suelo, utilizando el procedimiento “Spatial Analyst” del SIG Arc

View@. Primero se reclasificaron las pendientes en solamente dos clases (<15% y >15%). Los pesos atribuidos para cada clase de temas utilizados en el procedimiento se presentan en el Cuadro 1.

El potencial de recarga se calculó como la suma algebraica de los pesos asignados a la pendiente, hidrogeología y vegetación y uso del suelo. Posteriormente, los valores de potencial natural de recarga hídrica se agruparon en cuatro clases: a) muy baja: 10, 11, 12; b) baja: 13, 14, 15 y 16; c) mediana: 17, 18, 19 y 20; d) alta: 21, 22 y 23.

Resultados y discusión

Identificación y caracterización de los usos actuales de la tierra predominantes en la cuenca del río Gama

Los usos predominantes de la tierra en la cuenca del río Gama pueden agruparse en a) área agrícola (Vargem Bonita y Córrego da Onça); b) área urbana (Park Way y

Cuadro 1.
Temas, clases y pesos utilizados para la generación del mapa de zonas de recarga hídrica

| Tema | Clase | Peso |
|----------------------------|--|------|
| Pendiente | 0-15% | 8 |
| | >15% | 3 |
| Hidrogeología* | P1 | 6 |
| | P2 | 5 |
| Vegetación y uso del suelo | Urbano | 2 |
| | Agrícola | 3 |
| | Campos limpio y sucio | 7 |
| | Cerrado | 8 |
| | Bosque de galería | 8 |
| | Plantación de <i>Pinus</i> y <i>Eucalyptus</i> | 9 |

* P1 = suelos arenosos con conductividad hidráulica $k_x > 10^{-5}$ m/s
P2 = suelos arcillosos $10^{-5} < k_v < 10^{-6}$ m/s (aguas superficiales con alto riesgo de contaminación)

Fuente: Profesor Elói Campos, especialista en Hidrogeología, Universidad de Brasilia, Brasil. Comunicación personal.

Cuadro 2.
Usos de la tierra en la cuenca del río Gama, Brasil, 2003

| Uso | Área (ha) | Área (%) |
|-----------------------------------|-----------|----------|
| Área de uso agrícola | 971 | 6,53 |
| Área urbana | 3480 | 23,41 |
| Campo limpio y sucio ¹ | 3533 | 23,76 |
| Cerrado | 5660 | 38,07 |
| Cuerpos de agua | 11 | 0,08 |
| Bosque de galería | 1101 | 7,41 |
| Plantación de pino y eucalipto | 112 | 0,76 |
| Total | 14868 | 100 |

¹ Campo limpio: una fitofisonomía predominantemente herbácea, con raros arbustos y ausencia completa de árboles.
Campo sucio: un tipo fisonómico exclusivamente herbáceo-arbustivo, cuyas plantas muchas veces están constituidas por individuos menos desarrollados de las especies arbóreas del cerrado (Sano y Almeida 1998).

Lago Sul); c) plantación de eucalipto y pino y cerrado conservado con sus fisonomías (campos limpio y sucio, bosque de galería y cerrado *sensu strictu*); d) cuerpos de agua (Cuadro 2). Se puede decir que es una cuenca conservada, pues el cerrado conservado representa el 70% del área; un 23% corresponde al uso urbano y solamente 7% es de uso agrícola

(Fig. 1). El río Gama abastece un tercio del agua que alimenta al lago Paranoá y, además, forma parte de un APA que pertenece a la Reserva de la Biosfera del Cerrado; por ello, los usos agrícolas y urbanos deben tener carácter especial y sostenible para evitar la pérdida de material genético de las áreas protegidas. Las comunidades y el gobierno deben

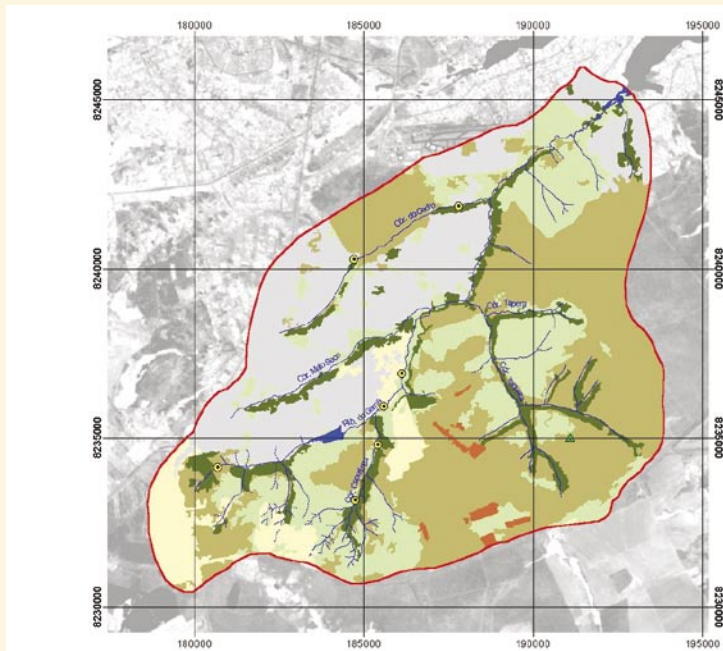
ponerse de acuerdo en cuanto al ordenamiento territorial del área, según lo establece la legislación ambiental y el PDOT.

Descripción del uso agrícola de la tierra en cuanto al manejo de aguas

En el área agrícola predominan las plantaciones de hortalizas; la mayoría de ellas bajo riego por aspersión. El área irrigada es de 310 ha y se emplea agua proveniente de la represa. Los cultivos en invernadero cubren 20 ha y representan una ganancia significativa de productividad con respecto al cultivo convencional a campo abierto. Las hortalizas se cultivan durante todo el año, aunque la producción y calidad disminuyen en la época lluviosa por la variación de la humedad del suelo, la mayor incidencia de plagas y enfermedades y menor eficiencia de los agroquímicos, que son lavados por la lluvia. Esto conlleva a un incremento en el uso de plaguicidas, aunque según los propios agricultores, la cantidad y frecuencia de aplicación corresponden a lo establecido en las especificaciones de los productos; no obstante, no existe ningún control. Además, no se practican técnicas de manejo ni de conservación de suelos y aguas. Por resolución del Consejo Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), en un APA están prohibidos o regulados los usos y prácticas que puedan causar degradación del ambiente.

Descripción del uso urbano en cuanto al manejo de aguas

La margen izquierda del río Gama se encuentra bajo fuerte presión antrópica por la urbanización y agricultura, áreas de recreación, el aeropuerto y la Base Aérea y la línea ferroviaria. Las nacientes del río Gama son todavía aprovechadas para el abastecimiento público de agua potable a los barrios Núcleo Bandeirante (SMPW) y Lago Sul, por medio de tres represas de nivel (captaciones Catetinho I, II y



- Límite de la cuenca
- Hidrografia
- Lago, laguna, represa
- Punto de toma de muestra de agua
- ▲ Meteorología - IBGE
- Uso de la Tierra**
- Área agrícola
- Área urbana
- Campo
- Cerrado
- Bosque de Galería
- Plantación de eucalipto y pino

Usos predominantes de la tierra y la calidad del agua en la cuenca Gama, Distrito Federal, Brasil

Nombre:
Érica Vilela

Escala 1: 100.000

Proyección UTM
Base SICAD
Fuente: GreenTec - 2001

Fuente: Vilela (2004)

Figura 1. Mapa de vegetación en la cuenca del río Gama, Distrito Federal, Brasil



Foto: Adlia Marques.

En el área urbana todavía existe vegetación de Cerrado y de bosque de galería

III). Se estima que, en promedio, cerca de 34 l/s son distribuidos a la población después de simple cloración y fluoración.

El área urbana posee normas para la construcción especificadas en el Memorial Descriptivo 119/97, con relativa preocupación ambiental, ya que menciona la prohibición de levantar edificaciones en terrenos en proceso de erosión, inundables o en condiciones geológicas inadecuadas para la urbanización. Sin embargo, las mismas normas otorgan a algunas instituciones la potestad de solucionar tales problemas y, entonces, permitir la construcción. No obstante, como el área se ubica dentro de un APA, tales normas deberían respetar los lineamientos de zonificación ambiental y mencionar el sistema de tratamiento de desechos líquidos y sólidos que se debe utilizar.

Toda la población urbana es abastecida con el sistema de agua tratada y alcantarillada a cargo de la Compañía de Agua y Alcantarillado de Brasilia (CAESB). La población rural no recibe el mismo servicio, sino que se abastece de pozos, lo cual es permitido por la legislación.

Para los desechos líquidos, tanto el área urbana como rural utilizan el sistema de pozos sépticos. Las condiciones hidrogeológicas de la cuenca del río Gama no son favorables a este tipo de estructura. Puesto que la población urbana tiende a aumentar, es importante que haya reglas de construcción de los pozos sépticos, para que estos tengan un digestor anaeróbico que produzca un residuo limpio y estéril, o manejar tales residuos a través de alcantarillados y sistemas de tratamientos desarrollados por la CAESB. Uno de los artículos de la Resolución CONAMA 010/88 indica que en los proyectos de urbanización en un APA, la institución administradora debe implementar un sistema de colecta y tratamiento de aguas negras de manera sostenible, pero esta regla no está en el Memorial Descriptivo.

Descripción del uso de la tierra cerrado en su relación con el recurso hídrico

En el cerrado predominan las formaciones de sabanas, pero ocurren también formaciones forestales. El gradiente de formaciones fisonómicas depende de tres aspectos del sustrato: la fertilidad y concentración de aluminio disponible, la profundidad del suelo y el grado y duración de la saturación hídrica en la capa superficial y sub-superficial (UNESCO 2000).

La vegetación de la zona del cerrado se puede clasificar en dos tipos (Einten 1990): de interflujo y asociada con un curso de agua. La del tipo interflujo está conformada por el Cerrado *sensu stricto* (plantas leñosas, mayoritariamente torcidas, troncos inclinados o a veces paralelos al suelo antes que el extremo distal se vuelva hacia arriba); el bosque mesofítico (en suelos profundos, bien drenados y ricos en nutrientes de los interflujos, generalmente siempreverdes; en suelos superficiales son semidecíduos, y en suelos muy superficiales son completamente decíduos); campos rupes-tre (en picos de sierras de altitudes moderadas de 1000 a 1800 m, con gran número de especies endémicas y fisonomía variable: sabana arbustiva o praderas de campo limpio de gramíneas, vegetación de afloramiento rocoso que ocurre en la superficie de los peñascos).

La vegetación asociada con un curso de agua está conformada por buritizales y veredas y ocurre solamente en los valles donde el suelo permanece inundado; está compuesta básicamente de gramíneas y buritis (*Mauritia flexuosa*) de la familia palmáceas, aunque pueden haber algunos pocos arbustos. **Campo húmedo:** es un campo limpio compuesto de gramíneas, inundado durante la estación lluviosa y reseco en la superficie durante la estación seca; generalmente forma una franja a ambos lados de un bosque de galería o vereda. **Bosques de galería:** vegetación forestal a lo largo de ríos pequeños y ría-

chuelos, de flora bastante variable y muy influenciada por las formaciones vegetales adyacentes (Barbosa *et al.* 1990); esta fisonomía es perennifolia, aun durante la estación seca (Sano y Almeida 1998).

Potencial de recarga natural de agua en la cuenca del río Gama

El potencial de recarga natural de agua en la cuenca del río Gama básicamente está en función de los usos de la tierra y las pendientes. La capacidad de recarga va desde muy baja hasta alta (Fig. 2). Las áreas con muy bajo potencial de recarga son las áreas urbanizadas, seguidas por áreas de bosque de galería conservado (bajo potencial) con pendientes acentuadas (>30%). Los bosques de galería conservados con pendientes

de 15-30% y un área de plantación de soja cerca de las nacientes del río Gama presentan un potencial mediano. Las áreas de alto potencial de recarga son el cerrado conservado y las pendientes suaves.

Con base en el potencial de recarga hídrica se pueden conocer algunas de las consecuencias del mal uso de la tierra y la falta de planificación y zonificación ambiental. Algunas de las áreas con bajo y muy bajo potencial de recarga presentan, además, niveles altos de escorrentía y como son áreas deforestadas, se incrementa la sedimentación en los ríos. Por otra parte, muchos sistemas de drenaje de aguas pluviales son construidos de manera inadecuada y acarrear a los ríos partículas de suelo y arena, ya que hay muchas casas en fase de construcción.

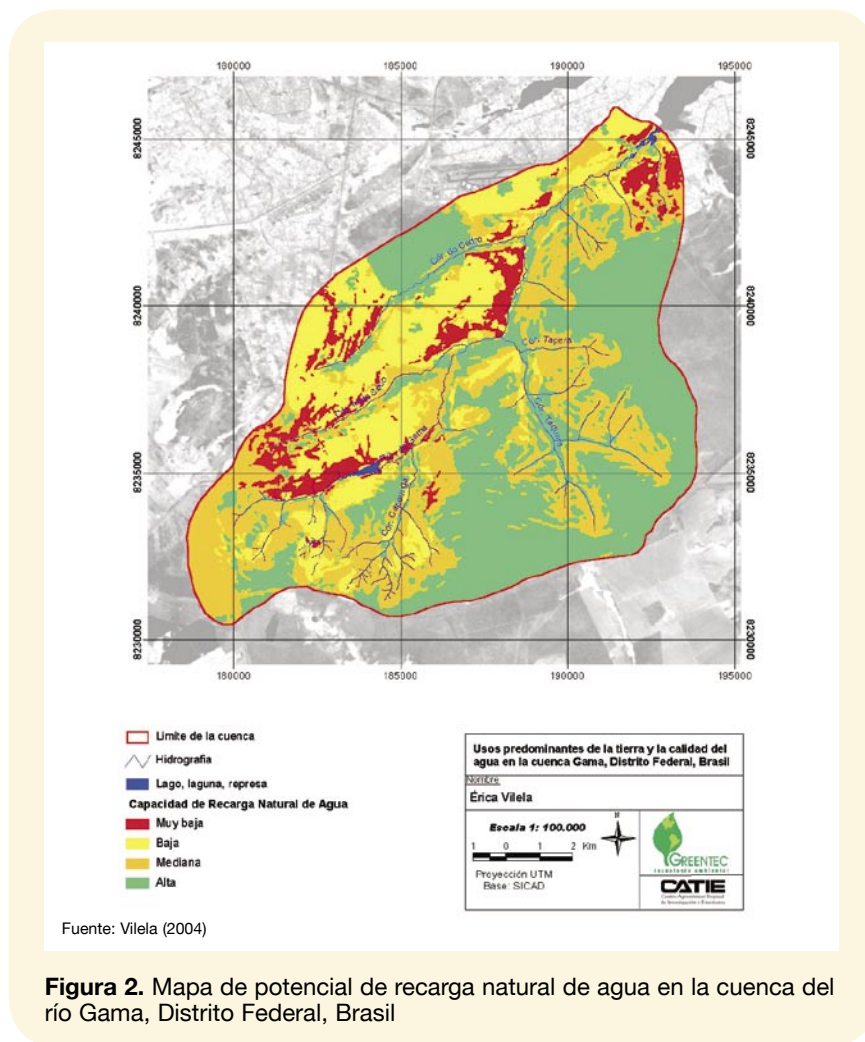


Figura 2. Mapa de potencial de recarga natural de agua en la cuenca del río Gama, Distrito Federal, Brasil

Cuadro 3.

Cambios en el uso de la tierra (%) en relación al área total del Distrito Federal (581.400 km², 100%)

| Usos de la tierra | 1954 | 1964 | 1973 | 1984 | 1994 | 1998 |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Cerrado | 34,84 | 34,18 | 30,29 | 18,11 | 17,29 | 9,91 |
| Área agrícola | 0,02 | 0,44 | 6,06 | 20,80 | 36,79 | 46,32 |
| Área urbana | 0,02 | 0,80 | 2,10 | 3,68 | 4,84 | 6,57 |

Cuadro 4.

Promedio de la precipitación y del caudal del río Gama en períodos de cinco años

| Períodos | Caudal (l/s) | Precipitación anual (mm) |
|-----------|--------------|--------------------------|
| 1979-1983 | 5,64 | 1574 |
| 1984-1988 | 2,01 | 1291 |
| 1989-1993 | 2,35 | 1498 |
| 1994-1998 | 2,28 | 1565 |
| 1999-2002 | 1,83 | 1065 |

Los cambios históricos de uso de la tierra en el Distrito Federal (UNESCO 2000), considerando los tres usos principales que tiene la cuenca del río Gama (Cuadro 3), muestran claramente la disminución del cerrado y el crecimiento del área agrícola y del área urbana.

El aumento acelerado del uso agrícola y la reducción del área de cerrado, según lo demuestran los datos de 1984, han afectado las zonas de recarga hídrica y posiblemente son la causa de la reducción del caudal del río Gama (Cuadro 4), ya que tal reducción no puede ser explicada por cambios en la cantidad de lluvia.

Para la futura zonificación ambiental del área, el potencial de recarga natural de agua puede ser un instrumento de gestión que permita orientar los usos vigentes de la tierra, así como impedir la expansión de las áreas urbanas pues las aguas superficiales y subterráneas son de importancia fundamental para cualquier ciudad. La dinámica de formación del paisaje en el Distrito Federal está íntimamente relacionada con los procesos intensivos de urbanización y crecimiento de la ocupación agrícola

que, en conjunto, pueden ser considerados los principales componentes de las transformaciones territoriales y de la reducción del área ocupada por la vegetación de Cerrado. El desarrollo urbano y agrícola alrededor de las áreas protegidas (Parque Nacional de Brasília, Estación Ecológica de Águas Emendadas y APA Gama e Cabeça de Veado) no siempre ha sido planificado y ordenado, lo que favorece el surgimiento de fragmentos aislados de vegetación natural sin conectividad con otras áreas de Cerrado, y compromete el flujo de material genético y la reducción de la biodiversidad.

Estrategias y acciones para mejorar el uso de la tierra y lograr el manejo sostenible de la cuenca del río Gama

El manejo integrado y sostenible de una cuenca hidrográfica debe involucrar la participación de los actores claves. Las propuestas se presentan en forma individual a fin de identificar posibles responsables; sin embargo, deben integrarse e implementarse bajo un enfoque común de manejo y gestión sostenible de la cuenca del río Gama.

- *Reserva Ecológica del Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE)*: las investigaciones desarrolladas en la Reserva deben generar información útil para la educación ambiental de las comunidades vecinas.
- *Hacienda Agua Limpa de la Universidad de Brasília (FAL)*: los trabajos de educación ambiental desarrollados por esta institución deben enfocarse en el manejo integrado de cuencas hidrográficas como unidad de planificación, manejo y gestión, de manera que las acciones propuestas y desarrolladas tengan como objetivo no solamente la conservación de la biodiversidad sino también de todos los recursos naturales.
- *Compañía de agua y alcantarillado de Brasília (CAESB)*: esta institución maneja solamente el área de protección de manantiales (APM); es necesario que a su agenda de trabajo se incorpore el enfoque de manejo integrado de cuenca hidrográfica.
- *Administración del Núcleo Bandeirante*: debe considerar la cuenca del río Gama como unidad de gestión y parte de un APA, para que sus acciones en Park Way beneficien a los habitantes dentro de un contexto de sostenibilidad. Además, debe promover la participación de los pobladores en reuniones de los comités y su integración al manejo de la cuenca; por otra parte, debe oponerse a la construcción de urbanizaciones dentro del Área de Protección Permanente (APP) y atender las decisiones del comité de la cuenca.
- *Secretaría de Medio Ambiente y de Recursos Hídricos del Distrito Federal (SEMARH)*: además de capacitar a un mayor número de funcionarios, SEMARH debe formar parte del manejo integrado de la cuenca, aprovechar la información generada por las investigaciones en áreas protegidas y de CAESB, y participar en el comité de la cuenca.

- **Empresa de Asistencia Técnica y Extensión Rural (EMATER):** corresponde a esta institución la orientación a todos los finqueros de la cuenca en cuanto a técnicas de conservación del suelo y del agua, promoción de incentivos para la práctica de agricultura conservacionista y facilitar las negociaciones con el gobierno en cuanto a préstamos e impuestos para la adopción de tales técnicas.
- **Comité de habitantes de Park Way:** debe integrarse a las actividades de educación ambiental y cambio de actitud para evitar la degradación de la cuenca y buscar alternativas para el manejo sostenible de la cuenca.
- **Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuaria (INFRAERO):** ya que la construcción de la segunda pista del aeropuerto es inevitable, al menos se debe velar para que el área deforestada sea en el borde más cercano a la primera pista y que no se permita la construcción de gasolineras, tiendas de carros y otros establecimientos que significan mayor deforestación e impermeabilización del suelo y contaminación de las aguas. De igual manera, debe participar en las reuniones de comités donde se deciden las acciones del manejo integrado de la cuenca.

Conclusiones y recomendaciones

- En el área rural se deben establecer actividades de conservación del suelo, evitar el uso de agroquímicos y promover el uso de técnicas avanzadas de agricultura orgánica. En el área urbana se deben identificar las actividades contaminantes y promover la educación ambiental; se debe crear conciencia de que viven en una cuenca importante y en un área de protección ambiental, y que todas las actividades desarrolladas tienen consecuencias que se reflejan en todo el Distrito Federal y el bioma Cerrado.
- El potencial de recarga hídrica en las áreas urbanas y agrícolas



Área del Cerrado conservado, cerca del río Gama

Foto: Adlia Marques.

es bajo o muy bajo, por lo que se debe evitar la impermeabilización del suelo, por un lado, y fomentar la construcción de obras artificiales de recarga hídrica, principalmente en la zona urbana donde el potencial de recarga es muy bajo. El área de protección de manantiales tiene un potencial de recarga hídrica medio, pero si continúa el plan de urbanización en esta área, posiblemente el potencial se reducirá a nivel bajo o muy bajo.

- En este estudio no se pudo identificar evidencias de que el caudal haya disminuido por las actividades antropogénicas, como aumento de la urbanización, agricultura

y disminución del Cerrado. No obstante, la cuenca Gama tiene muchos problemas de erosión e impermeabilización del suelo, lo que puede resultar en la sedimentación de los ríos y consecuentemente disminución del caudal y perjuicio para el lago Paranoá.

- Es necesario un ordenamiento del uso de la tierra, especialmente en el cumplimiento de la legislación referente a la preservación de la franja de 30 m de bosques de galería a cada lado del cauce y de los ríos, así como un programa de recuperación de áreas degradadas para promover corredores terrestres entre las reservas. 🌱

Literatura citada

- Barbosa, LM; Barbosa, JM; Batista, EA; Veronese, SA; Asperti, LM; Bedinelli, X; Belasque, EF. 1990. Ensayos de campo para regeneração de um trecho degradado de mata ciliar. Sao Paulo, Brasil. Revista Oficial da Faculdade de Agronomia e Zootecnia "Manoel Carlos Goncalves" 15: 53-56.
- Einten, G. 1990. Vegetação. In Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas. Org. MN Pinto. Brasília, Brasil. Editora Universidade de Brasília. 9 p.
- Sano, SM; Almeida, SP. 1998. Cerrado: ambiente e flora. Planaltina: EMBRAPA – CPAC. Brasília, Brasil. 556 p.
- UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura). 2000. Vegetação no Distrito Federal – tempo e espaço. Brasília, Brasil. 74 p.
- . (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura). 2003. Subsídios ao Zoneamento da APA Gama Cabeça-de-Veados e Reserva da Biosfera do Cerrado: Caracterização e conflitos socioambientais. Brasília, Brasil. 171 p.
- Vilela Pereira, E. 2003. Usos predominantes de la tierra y la calidad del agua en la cuenca del río Gama, Distrito Federal, Brasil. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 139 p.

Dinámica del uso de la tierra y de la oferta hídrica en la cuenca del río Guacerique, Tegucigalpa, Honduras¹

Alex Javier Hernández

alexjher@cc.usu.edu

Sergio Velásquez

CATIE. svelasqu@catie.ac.cr

Francisco Jiménez

CATIE. fjimenez@catie.ac.cr

Samuel Rivera

Oficina de Cooperación Canadiense – Honduras

srivera_r@yahoo.com



Fotos: Alex Hernández.

La dinámica temporal del uso de la tierra y caudales en la cuenca muestra una tendencia negativa. La pérdida del 17% de la cobertura original de conífero mixto y su excesiva fragmentación muestra dos implicaciones: (a) parches de bosque con tamaño promedio muy reducido que resulta en hábitats limitados para la fauna de la región y (b) pérdida de la continuidad espacial en su función reguladora de los procesos hidrológicos en la cuenca.

¹ Basado en Hernández Cáceres, A.J. 2003. Dinámica del uso de la tierra y de la oferta hídrica en la cuenca del río Guacerique, Tegucigalpa, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 112 p.

Resumen

Se analizaron los cambios a lo largo del tiempo en el uso de la tierra y la respuesta cuantitativa de caudales en la cuenca del río Guacerique. Mediante técnicas de teledetección y sistemas de información geográfica se crearon tres escenarios de uso (1980, 1991 y 2003). El análisis de caudales permitió evaluar su patrón de comportamiento durante los escenarios. La herramienta para la evaluación de suelos y aguas (SWAT) se usó para simular caudales en cada escenario. Los cambios en la composición de las clases de uso resultaron significativos. Los bosques de coníferas y mixtos disminuyeron en 17%, mientras que un patrón opuesto se observó en el bosque latifoliado, el cual aumentó su área en 15%. Aunque la cobertura de los bosques es de 63%, el paisaje es altamente fragmentado. El análisis de varianza mostró que no hubo diferencias estadísticas entre los promedios de precipitación de los tres escenarios; sin embargo, hubo diferencias significativas ($p < 0,01$) entre los caudales promedios y se encontró una tendencia hacia la disminución en la época seca. Las comparaciones gráficas y los coeficientes de eficiencia de los caudales observados *versus* los simulados demuestran que el modelo los sobreestima. Asimismo, la eficiencia disminuye cuando la evaluación se inicia desde estaciones hidrométricas aguas arriba hasta estaciones aguas abajo, debido posiblemente a la extracción de agua para irrigación e industria.

Palabras claves: Uso de la tierra; recursos hídricos; abastecimiento de agua; cuencas hidrográficas; río Guacerique, Honduras.

Summary

Land use and water yield dynamics in the Guacerique River watershed, Tegucigalpa, Honduras. Temporal land use change and quantitative water yield responses were analyzed in the Guacerique watershed. The application of remote sensing and geographical information systems techniques produced three land use scenarios (1980, 1991, and 2003). Stream flow data were analyzed to assess its behavioral pattern during the scenarios. The Soil and Water Assessment Tool (SWAT) model was used to simulate stream flow for each scenario. Changes in the composition of land use classes were found significant: coniferous and mixed forests decreased by 17%, whereas an opposite pattern was found in the broadleaf forest which increased 15%. Despite actual forest coverage of 63%, this shows a highly fragmented pattern throughout the landscape. The ANOVA analysis yielded no significant differences among rainfall averages; however, significant differences ($p < 0.01$) were found among yearly stream flow averages showing a descending trend along the dry season. Graphical comparison and coefficients of modeling efficiency of simulated versus observed stream flow values demonstrated that the model over-predicts observed values. Furthermore, the efficiency decreases from an upstream to a downstream hydrometric station. This trend has been attributed to massive water extractions for irrigation and industrial purposes.

Keywords: Land use; water resources; water supply; watershed; Guacerique River, Honduras.

El crecimiento no planeado de las poblaciones ejerce presión sobre los recursos naturales en las cuencas hidrográficas. Esta situación se magnifica cuando no se establecen estrategias para el ordenamiento territorial, dado que se generan procesos de degradación cuando el uso actual excede la capacidad de uso de la tierra, principalmente en las zonas media y alta de

las cuencas, las cuales generalmente constituyen las principales áreas de recarga hídrica (Richters 1995). Este entorno es notable en la cuenca del río Guacerique que abastece la represa Los Laureles, proveedora del 25% de agua potable que consume la población de Tegucigalpa, Honduras. Esta cuenca presenta un fuerte deterioro ambiental por la tala forestal, avance de la frontera

agrícola, incendios forestales y presión urbana (SANAA 2000), todo lo cual repercute negativamente en la cantidad y calidad del agua que recibe la población de casi un millón de habitantes. Esta situación se agrava año con año, por lo que aumenta la vulnerabilidad de la población usuaria por la falta del agua en cantidad y calidad suficiente para suplir sus necesidades.



Foto: Alex Hernández.

Reducción del bosque de coníferas por cultivos anuales

El objetivo del estudio fue evaluar el cambio temporal y espacial en el uso de la tierra y la oferta hídrica en la cuenca del río Guacerique, los cuales conforman el patrón de caudales determinados por modelación hidrológica. Dado que Tegucigalpa es la ciudad más poblada de Honduras, se justifica realizar estudios que sirvan como instrumentos de identificación y análisis de este problema en las cuencas hidrográficas colindantes con la ciudad.

Metodología

Área de estudio.- La cuenca del río Guacerique es de segundo orden y se localiza en la cabecera del río Choluteca, vertiente del Pacífico de Honduras. Se ubica al oeste de Tegucigalpa (entre 14°01'09" y 14°09'19" Norte; 87°12'24" y 87°26'19" Oeste) y tiene un área de 194 km². El relieve es propio de zonas de ladera, con pendiente ondulada y 1420 msnm de altitud media. El clima se caracteriza por una época seca de diciembre a abril y lluviosa de mayo a noviembre; la precipitación promedio anual es de 1142 mm y la temperatura media de

18,5°C (SANAA 2000). Los suelos son entisoles y alfisoles, principalmente. El área tiene categoría de zona de protección forestal (Decreto No.72, junio de 1972, Congreso Nacional de Honduras).

Generación de patrones de uso de la tierra.- Los mapas de uso se derivaron del análisis de fotografías aéreas pancromáticas para el escenario de 1980 (1:20.000) y de imágenes satelitales Landsat TM (pixel de 30 m y 7 bandas espectrales) para los escenarios 1991 y 2003. La fotografía aérea se digitalizó e interpretó mediante vectorización automática con el programa Raster2Vector 3,4[®], y luego se exportó al programa de SIG Arcview 3.3[®], donde se georeferenció con error RSM máximo de 1,7 m.

Para el mapa de uso 2003 se generó una clasificación no supervisada con el algoritmo isodata, mediante el programa Erdas Imagine 8,5[®]. La clasificación se evaluó con visitas de campo para posteriormente generar una clasificación supervisada con un mínimo de 20 muestras por clase de uso. El resultado se revisó en el campo para probar el grado

de precisión y calcular el porcentaje de aciertos ([estimado/observado] * 100) en un 91% (ERDAS 1999). Para el mapa de uso 1991 se trabajó de manera similar, excepto por la clasificación no supervisada y el trabajo de campo. Se generó una clasificación supervisada tomando como base el mapa de 2003. Los centroides de las poligonales de uso del 2003 se asumieron como zonas alejadas de focos de intervención y menos susceptibles a sufrir cambios. Con esta condición, la estabilidad temporal de estas zonas se consideró apta para servir como muestras en la clasificación supervisada de la imagen de 1991.

Se definieron cuatro clases uniformes de uso para los tres escenarios: bosque de coníferas y mixto, bosque latifoliado, uso agropecuario (agricultura y pastos) y otros usos (matorrales, cuerpos de agua y áreas urbano-desnudas). Las áreas por tipo de uso se estimaron en cada escenario, junto con un análisis de superposición espacial para evaluar los patrones de cambio.

Para definir el grado de fragmentación se cuantificó el número

de rodales de bosque, sus perímetros y áreas y se determinaron los mínimos, máximos y promedios. Se calculó un índice de complejidad de forma (ICF) al dividir el perímetro por el área, que es una indicación del grado de irregularidad de las poligonales de uso de la tierra (Kammerbauer y Ardón 1999).

Análisis hidroclimático y modelación hidrológica.- Los datos de precipitación y caudales promedio mensuales fueron evaluados mediante análisis de varianza para determinar si existían diferencias estadísticas entre los escenarios temporales del estudio. Para evaluar en qué medida la dinámica de caudales ha sido influenciada por la precipitación y por el patrón de uso de la tierra, se simuló también el comportamiento hidrológico con el modelo SWAT. El modelo SWAT opera en una base diaria y por subcuenca en un tiempo continuo. Su base teórica está basada en la ecuación del balance hídrico que considera procesos como precipitación, evapotranspiración, escorrentía y almacenamiento de agua en el suelo. La escorrentía se calcula por subcuenca y busca obtener el total de la cuenca. La técnica del número de curva CN del Servicio de Conservación de Suelos de Estados Unidos (SCS)

es utilizada para calcular la escorrentía. Esta usa los insumos disponibles y permite asociaciones entre suelos, uso de la tierra y prácticas de manejo (Chanasyk *et al.* 2003).

Los insumos para el modelo son: (a) modelo digital de elevación, (b) tipos de suelos, (c) uso de la tierra, (d) base de datos meteorológicos y (e) red hídrica. Las variables a, b y c se trabajaron en formato cuadrícula con píxel de 30 m. La base de datos meteorológicos posee estadísticos para las variables precipitación, temperatura, radiación solar y velocidad del viento. La red hídrica se requiere como vector. Los procesos principales incluyen la definición de puntos de aforo. Estos se definieron de tal forma que permitiera la comparación de caudales observados con los simulados en tres estaciones hidrométricas. En la Fig. 1 se indica la ubicación de la cuenca en el contexto del país y la ubicación de las tres estaciones de aforo que se utilizaron en este estudio.

Se han propuesto diversos enfoques para evaluar la bondad de ajuste de mediciones simuladas *versus* las directas. Sin embargo, el coeficiente modificado de eficiencia E (1) de Nash y Sutcliffe (1970) y el índice modificado de concordancia

d (2) propuesto por Willmott (1985) son los más objetivos para esta evaluación (Legates y McCabe 1999). Estos autores critican el calificar de buena eficiencia las salidas de un modelo sólo por un alto r^2 , dado que este coeficiente es influenciado por los valores extremos en la serie analizada, por lo que recomiendan usar E y d ; ya que en estos los errores y sus diferencias muestran pesos apropiados no inflados por sus cuadrados. Se tiene, entonces, que:

(1)

$$E = 1.0 - \frac{\sum_{i=1}^N |O_i - P_i|^j}{\sum_{i=1}^N |O_i - \bar{O}|^j}$$

(2)

$$d = 1.0 - \frac{\sum_{i=1}^N |O_i - P_i|^j}{\sum_{i=1}^N (|P_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^j}$$

Donde: O = datos observados; P = datos simulados por el modelo; N = periodo de tiempo en incrementos de duración arbitraria (años, meses, días); j = potencia arbitraria; \bar{O} = media aritmética de los datos medidos.

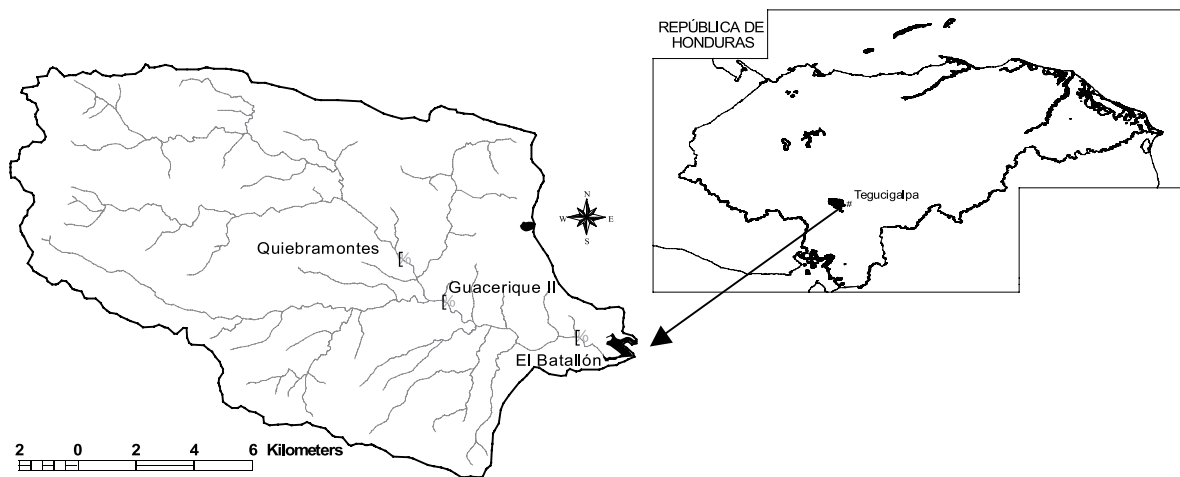


Figura 1. Ubicación de la cuenca y esquema espacial de puntos de aforo para evaluar con SWAT

Cuadro 1.

Cambios en la cobertura natural entre los años 1980 al 2003 en la cuenca del río Guacerique

| Escenario | Uso | Cobertura de área | | Cambios | | Ganancia o pérdida (% por año) |
|-----------|-----------------------------|-------------------|-------|-----------|--------|--------------------------------|
| | | (ha) | (%) | (ha) | (%) | |
| 1980 | Bosque de coníferas y mixto | 11.762,37 | 60,61 | | | |
| | Bosque latifoliado | 886,77 | 4,57 | | | |
| | Agropecuuario | 1.640,34 | 8,45 | | | |
| | Otros usos | 5.118,39 | 26,37 | | | |
| 1991 | Bosque de coníferas y mixto | 10.379,88 | 53,48 | -1.382,49 | -11,75 | -1,07 |
| | Bosque latifoliado | 2.800,44 | 14,43 | 1.913,67 | 215,80 | 19,62 |
| | Agropecuuario | 4.315,86 | 22,24 | 2.675,52 | 163,11 | 14,83 |
| | Otros usos | 1.911,69 | 9,85 | -3.206,70 | -62,65 | -5,70 |
| 2003 | Bosque de coníferas y mixto | 8.435,43 | 43,46 | -1.944,45 | -18,73 | -1,56 |
| | Bosque latifoliado | 3.871,26 | 19,95 | 1.070,82 | 38,24 | 3,19 |
| | Agropecuuario | 4.739,67 | 24,42 | 423,81 | 9,82 | 0,82 |
| | Otros usos | 2.361,51 | 12,17 | 449,82 | 23,53 | 1,96 |

Resultados

Uso de la tierra.- La Fig. 2 y el Cuadro 1 ilustran y cuantifican los cambios en las clases de uso. Es evidente la tendencia de pérdida anual en la clase conífera-mixto superior al 1%, así como un incremento inicial superior al 19% en la clase latifoliado que retrocedió al 3,19%.

Aunque las condiciones de cobertura forestal son aparentemente positivas, es conveniente revisar la distribución espacial y fragmentación de las clases boscosas en la actualidad (Cuadro 2). Los valores ICF altos indican parches con forma más irregular que los valores bajos. La clase latifoliado presentó una tasa positiva de persistencia, ya que el número de rodales supera actualmente en 205 al de conífera-mixto, así como formas de paisaje más irregulares. El análisis en ambas clases forestales exterioriza una pérdida de zonas contiguas y reducciones del 83% en el tamaño promedio de rodales de conífera-mixto, así como la reducción de la masa forestal individual máxima al 31,33% de su tamaño original; en el bosque latifoliado se da una tendencia distinta.

Comportamiento hidrológico.- El análisis de varianza de los regis-

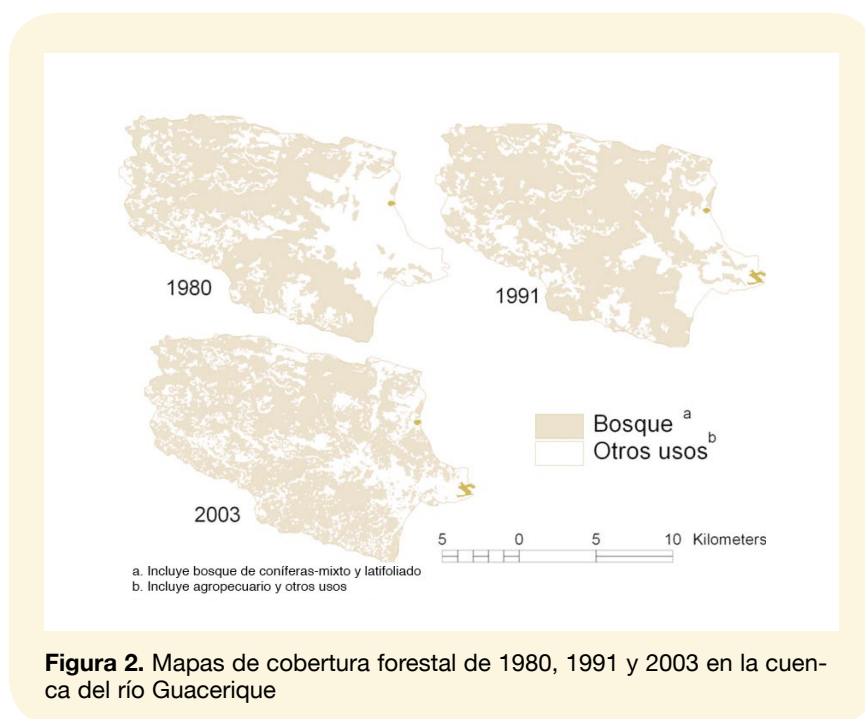


Figura 2. Mapas de cobertura forestal de 1980, 1991 y 2003 en la cuenca del río Guacerique

tros de precipitación mostró que no hay diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las medias mensuales de los diferentes escenarios; el régimen pluvial mantiene su magnitud y tendencia a través del espacio temporal de análisis. Sin embargo, se encontraron diferencias ($p < 0,01$) al comparar las series mensuales de registros de cau-

dal de tres estaciones hidrométricas; se destaca una disminución considerable en el último periodo en la época de estiaje (Fig. 3).

El análisis sirvió para caracterizar el comportamiento de la oferta hídrica temporal por medio de registros de campo. Si no se contara con este tipo de bases de datos, puede recurrirse

Cuadro 2.

Cambios en la contigüidad espacial de las zonas boscosas como indicadores de fragmentación

| Escenario | Tipo de uso | Número de parches | Área (ha) | | | Perímetro promedio (m) | Índice de complejidad de forma ICF (m/ha) |
|-----------|------------------|-------------------|-----------|--------|-----------|------------------------|---|
| | | | Promedio | Mínimo | Máximo | | |
| 1980 | Conífera y mixto | 107 | 110,19 | 0,06 | 11.304,34 | 5.516,21 | 50 |
| | Latifoliado | 129 | 6,85 | 0,06 | 102,55 | 936,23 | 137 |
| 1991 | Conífera y mixto | 268 | 38,82 | 0,06 | 9.974,82 | 2.238,63 | 58 |
| | Latifoliado | 401 | 6,98 | 0,06 | 1.217,54 | 905,27 | 130 |
| 2003 | Conífera y mixto | 478 | 17,72 | 0,06 | 5.715,37 | 1.734,31 | 98 |
| | Latifoliado | 683 | 5,67 | 0,06 | 1.559,94 | 851,38 | 150 |

al uso de modelos hidrológicos. Con SWAT se pudo modelar este comportamiento por escenario. Un ejemplo para un periodo en la década de 1980 (Fig. 4) muestra la aproximación del modelo a los datos observados. Se evidencia una sobreestimación de los caudales simulados, aunque la tendencia es la misma en ambos casos; no obstante, esta evaluación visual debe fortalecerse con la evaluación de coeficientes estadísticos (Cuadro 3).

El rango para evaluar r^2 y D es de 0,00 a 1,00 mientras que para E es de $-\infty$ a 1,00. La estación El Batallón (Fig. 1, aforo total de la cuenca) presenta los coeficientes más bajos y la media simulada difiere en más de $1,4 \text{ m}^3/\text{s}$ de la observada. La estación Quiebramontes (Fig. 1, zona alta) tiene los valores más precisos y la media simulada menos distanciada ($0,514 \text{ m}^3/\text{s}$) de la observada.

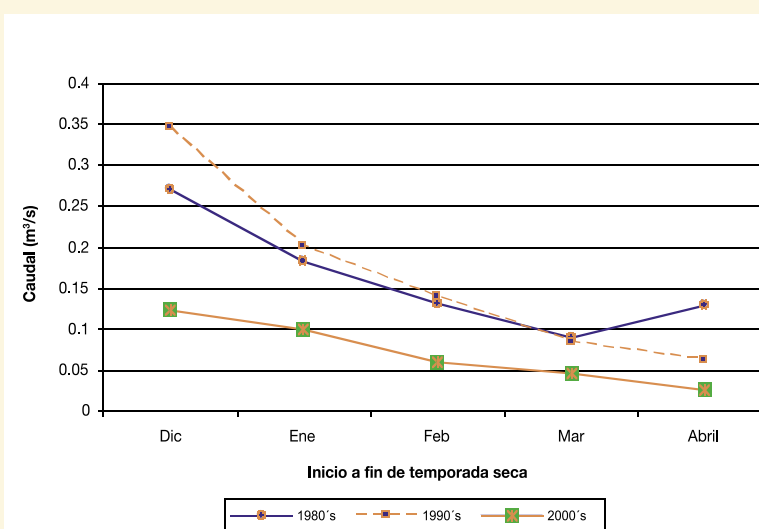


Figura 3. Caudales medios mensuales en la estación seca en la cuenca del río Guacerique

Cuadro 3.

Estadísticos anuales de bondad de ajuste entre series observadas y simuladas por SWAT para el periodo 1999-2003 por cada estación hidrométrica analizada

| Estadístico | Estación hidrométrica | | | | | |
|--------------------------------|-----------------------|----------|---------------|----------|-------------|----------|
| | Quiebramontes | | Guacerique II | | El Batallón | |
| | Observado | Simulado | Observado | Simulado | Observado | Simulado |
| $\bar{Y}(\text{m}^3/\text{s})$ | 0,501 | 1,015 | 0,724 | 1,933 | 1,122 | 2,543 |
| r^2 | | 0,854 | | 0,860 | | 0,809 |
| D | | 0,620 | | 0,580 | | 0,520 |
| E | | 0,050 | | -0,105 | | -0,340 |

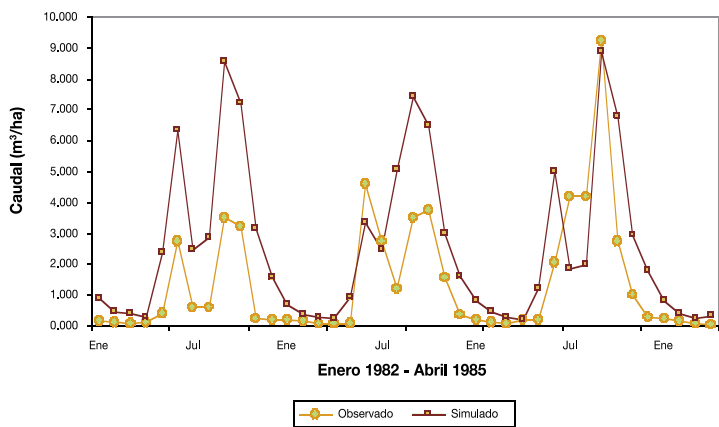


Figura 4. Comportamiento mensual de los caudales en la estación hidrométrica Guacerique II y los generados por SWAT en el escenario de los años 1980

Discusión y conclusiones

La dinámica temporal del uso de la tierra y caudales en la cuenca muestra una tendencia negativa. Las tasas de deforestación son similares a las encontradas por Rivera (1998) para todo el territorio nacional, estimadas en 0,9% para coníferas y 1,2% para bosques latifoliados. La pérdida del 17% de la cobertura original de conifera-mixto y su excesiva fragmentación muestra dos implicaciones de interés: (a) parches de bosque con tamaño promedio muy reducido que resulta en hábitat limitados para la fauna de la región (Kammerbauer y Ardón 1999) y (b) pérdida de la continuidad espacial en su función reguladora de los procesos hidrológicos en la cuenca (Sandström 1998; Bruijnzeel 1989). Esto contribuye a que se den patrones de reducción en la época seca, de un promedio mensual de 0,16 m³/s en los años 1980 a un exiguo 0,06 m³/s en el 2003.

A pesar del aumento del bosque latifoliado en casi 15%, este presenta un carácter xerofítico con condiciones de ecosistemas degradados de baja cobertura y bajo poder de regulación hidrológica. Esta condición favorece la incidencia de incendios forestales que dañan la estructura de los suelos y la existencia de sitios con especies que no proporcionan adecuada cobertura. Asimismo, se dan altas tasas de escorrentía superficial y bajo aporte a los caudales base, lo que incide

negativamente en las oportunidades de recuperación para mantener una oferta hídrica apropiada en la época seca (Brooks *et al.* 1991; Nik 1988; Swindel *et al.* 1983).

Los resultados obtenidos con SWAT sugieren que es una herramienta útil, más que todo en zonas con registros hidrométricos escasos o nulos, ya que puede servir para establecer una línea base de datos. En la estación Guacerique II se observó un

r^2 más alto que en Quebramontes, pero su eficiencia E fue negativa, lo que indica que es mejor utilizar la media de la serie observada en lugar del modelo para realizar predicciones. Esta apreciación se refuerza al analizar las concordancias d menores: las predicciones del modelo son más precisas en las zonas donde las extracciones no agotan el caudal excesivamente y donde el reconocimiento de campo demuestra que las extracciones se van incrementando a medida que se transita de las zonas altas hasta las bajas. Sin embargo, es necesario contar con datos confiables para establecer juicios más acertados; será necesario un proceso de calibración subsiguiente al modelo para alcanzar un nivel de precisión más aceptable. 🌱

Agradecimientos

Se agradece al Proyecto de Fortalecimiento de la Capacidad Local para el Manejo de Cuencas y la Prevención de Desastres Naturales (FOCUENCAS) el financiamiento de este estudio. Asimismo, al personal del departamento de manejo de cuencas del Servicio Autónomo de Acueductos y Alcantarillados SANAA por el apoyo logístico prestado.

Literatura citada

- Brooks, KN; Folliot, PF; Gregersen, HM; Thames, JL. 1991. Hydrology and the management of watersheds. Ames, Iowa, Iowa State University Press. 392 p.
- Bruijnzeel, LA. 1989. (De)forestation and dry season flow in the tropics: a closer look. *Journal of Tropical Forest Science* 1(3):229-243.
- Chanasyk, DS; Mapfumo, E; Willms, W. 2003. Quantification and simulation of surface runoff from fescue grassland watersheds. *Agricultural Water Management* 59:137-153.
- ERDAS INC. 1999. *Erdas field guide*. Ed. 5. Atlanta, Georgia, US. 698 p.
- Kammerbauer, J; Ardón, C. 1999. Land use dynamics and landscape change pattern in a typical watershed in the hillside region of central Honduras. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 75:93-100.
- Legates, DR; McCabe, GJ. 1999. Evaluating the use of "goodness-of-fit" measures in hydrologic and hydroclimatic model validation. *Water Resources Research* 35(1):233-241.
- Nash, JE; Sutcliffe, JV. 1970. River flow forecasting through conceptual models. Part I-a discussion of principles. *Journal of Hydrology* 10(3):282-290.
- Nik, AR. 1988. Water yield changes after forest conversion to agricultural landuse in peninsular Malaysia. *Journal of Tropical Forest Science* 1(1):67-84.
- Richters, E. 1995. Manejo del uso de la tierra en América Central: hacia el aprovechamiento sostenible del recurso tierra. San José, CR, IICA. 439 p. (Colección Investigación y Desarrollo no. 28).
- Rivera, S. 1998. Análisis de la deforestación en Honduras (1965-1992) usando técnicas de sensores remotos y sistemas de información geográfica. *Tatascán* 10(2):65-79.
- SANAA. 2000. II curso internacional de manejo integral de cuencas hidrográficas. Tegucigalpa, HO. 25 p.
- Sandström, K. 1998. Can forest "provide" water: widespread myth or scientific reality? *Ambio* 27(2):132-138.
- Swindel, BF; Lassiter, CJ; Riekerk, H. 1983. Effects of clearcutting and site preparation on stormflow volumes of streams in *Pinus elliotii* flatwood forests. *Forest Ecology and Management* 5:245-253.
- Willmott, CJ; Ackleson, SG; Davis, RE; Feddema, JJ; Klink, KM; Legates, DR; O'Donnell, J; Rowe, CM. 1985. Statistics for the evaluation and comparison of models. *Journal of Geophysical Research* 90(C5):8995-9005.

Evaluación del servicio ambiental hídrico en la cuenca alta del río Lempa y su aplicación en el ajuste de la tarifa hídrica del área metropolitana de San Salvador¹

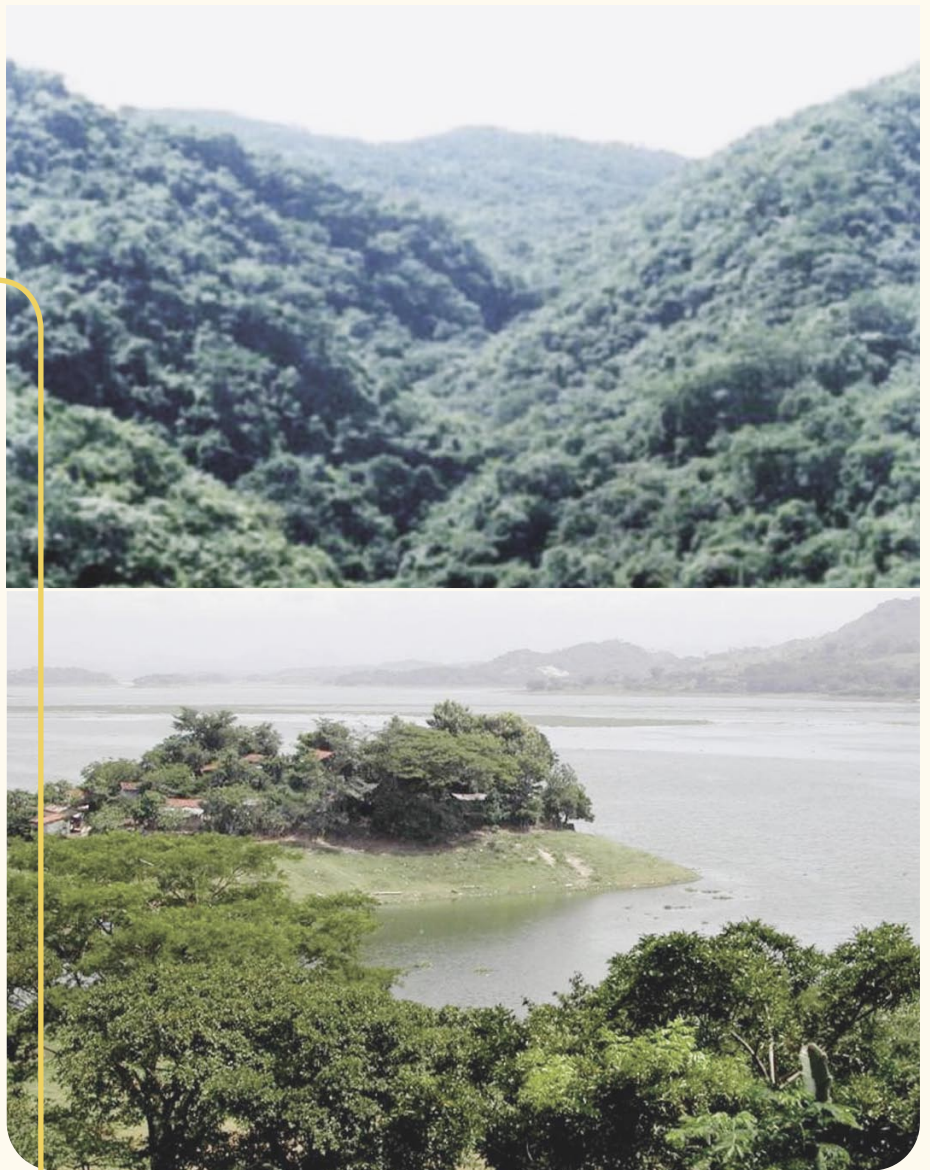
Ricardo Calles

Consultor en medio ambiente y especialista en manejo de cuencas hidrográficas
jcalles@catie.ac.cr

Mario Piedra

Director del Programa de Educación Permanente EARTH
mpiedra@earth.ac.cr

La tarifa hídrica es el mecanismo más apropiado para el cobro del servicio ambiental hídrico de los bosques en el área de estudio, así como de otras variables ambientales que se proponen para su incorporación: el valor de protección y recuperación de laderas degradadas, el valor del agua como insumo de la producción y un margen de ahorro-inversión. Con ello se elimina substancialmente el subsidio ambiental hasta ahora ignorado y soportado por la sociedad como un todo.



Fotos: Ricardo Calles.

¹ Basado en Calles Hernández, J. 2003. Evaluación del servicio ambiental hídrico en la Cuenca Alta del Río Lempa y su aplicación en el ajuste de la tarifa hídrica del Área Metropolitana de San Salvador, El Salvador. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 123 p.

Resumen

Este estudio aborda el análisis ecológico-económico del recurso hídrico en la cuenca alta del río Lempa, El Salvador. El objetivo principal es fundamentar el ajuste de la actual estructura tarifaria de ANDA en el área metropolitana de San Salvador. Se propone el pago del servicio ambiental hídrico del bosque como una opción para generar ingresos que permitan el financiamiento de actividades de conservación y restauración de dicha cobertura. El cobro del servicio ambiental hídrico está en función de tres componentes: el valor de captación (US\$0,005/m³), el valor de restauración (US\$0,026/m³) y el valor del agua como insumo de la producción. El sector industrial pagaría US\$0,0086/m³, el comercial US\$0,0097/m³, el agrícola US\$0,0054/m³ y el hidroenergético US\$0,0033/m³. Adicional a estos valores se genera un fondo de contingencia (margen de ahorro – inversión) de 3% de los otros valores y el pago de los costos de agua post – servicio. Estos valores se aplicarían a la demanda de agua en la cuenca alta. Estos ingresos han de distribuirse en actividades de conservación de bosques financiadas con el valor de captación, actividades de restauración de bosques financiadas con el valor de restauración, actividades relacionadas con el desarrollo social financiadas con el valor del agua como insumo de la producción y actividades de contingencia debido a emergencias por desastres naturales, financiadas con el valor del margen de ahorro – inversión.

Palabras claves: Recursos hídricos; ordenación de aguas, conservación de aguas; cuencas hidrográficas; pago por servicios ambientales; pago; tarifas. río Lempa; El Salvador.

Summary

Evaluation of environmental water services in the upper watershed of the Lempa river and its application to the adjustment of water users tariff in the metropolitan area of San Salvador.

The study conducted an economic and ecological evaluation of the hydrologic resources in the upper watershed of the Lempa River in support of a proposed adjustment of the current tariff structure set by the National Aqueduct and Sewage Administration (ANDA) in the San Salvador metropolitan area, El Salvador. A proposal for a system of payments by resource users for hydrologic environmental services in the Lempa River upper watershed was developed in order to generate funding for forest conservation and restoration activities and thus improving the provision of watershed services. The suggested payments by users were calculated according to three components: the water capture capacity of forest (US\$0,005/m³), the value of forest restoration (US\$0,026/m³), and the value of water as a productive input. For this last component, it is suggested that the industry sector pay US\$0,0086/m³ of water utilized, the commercial sector US\$0,0097/m³, the agricultural sector US\$0,0054/m³, and the hydro-energetic sector US\$0,0033/m³. The establishment of a complementary contingency fund is also proposed, to which would be channeled an additional 3% of the payments described above, as well as payments made for wastewater treatment. It is proposed that the income gained from these payments be distributed for forest conservation activities financed by income gained from the water capture payments, and for forest restoration activities from the forest restoration payments. Additionally, income gained from payments for water as a productive input would be allocated to social development activities, and the contingency fund would be destined to cover the cost of emergencies caused by natural disasters. The establishment of a trust fund is proposed to manage the financial resources of the system.

Keywords: Water resources; water arrangement; water conservation; watershed; payment for environmental services; fares; Lempa river; El Salvador.

Introducción

En El Salvador, el sistema actual de cobro y ajuste de la tarifa del agua para consumo humano es inadecuado ya que la estructura de costos no internaliza los aspectos ambientales de la producción de agua. Por lo tanto, los aportes financieros generados bajo este esquema no son suficientes para ofrecer un servicio ambiental hídrico de calidad y cantidad a las futuras generaciones. La principal variable que se debe considerar es el aprovisionamiento del servicio ambiental hídrico en los escasos bosques naturales del país. Uno de ellos se ubica en la cuenca alta del río Lempa (Fig. 1), en donde la cobertura forestal existente contribuye a la protección del recurso hídrico.

Mediante este estudio se realizó una valoración económico-ecológica del bosque en la cuenca alta del Lempa como proveedor del servicio ambiental hídrico; además, se consideraron los costos ambientales de recuperación y protección de la cuenca en áreas donde se ubican las fuentes de agua potable utilizadas por la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), con el objetivo de justificar un ajuste en la tarifa de agua potable que se cobra a los usuarios en el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS) y revertir el pago a los propietarios que participan en la protección y recuperación del bosque ubicado cuenca arriba.

El estudio evidencia la debilidad de la estructura tarifaria hasta hoy utilizada en El Salvador, y justifica la eliminación del subsidio ambiental hídrico a los demandantes del recurso, mediante el cobro en la tarifa, y el pago a los oferentes del servicio para cumplir con un principio de equidad social fundamentado en el enfoque del costo de oportunidad.

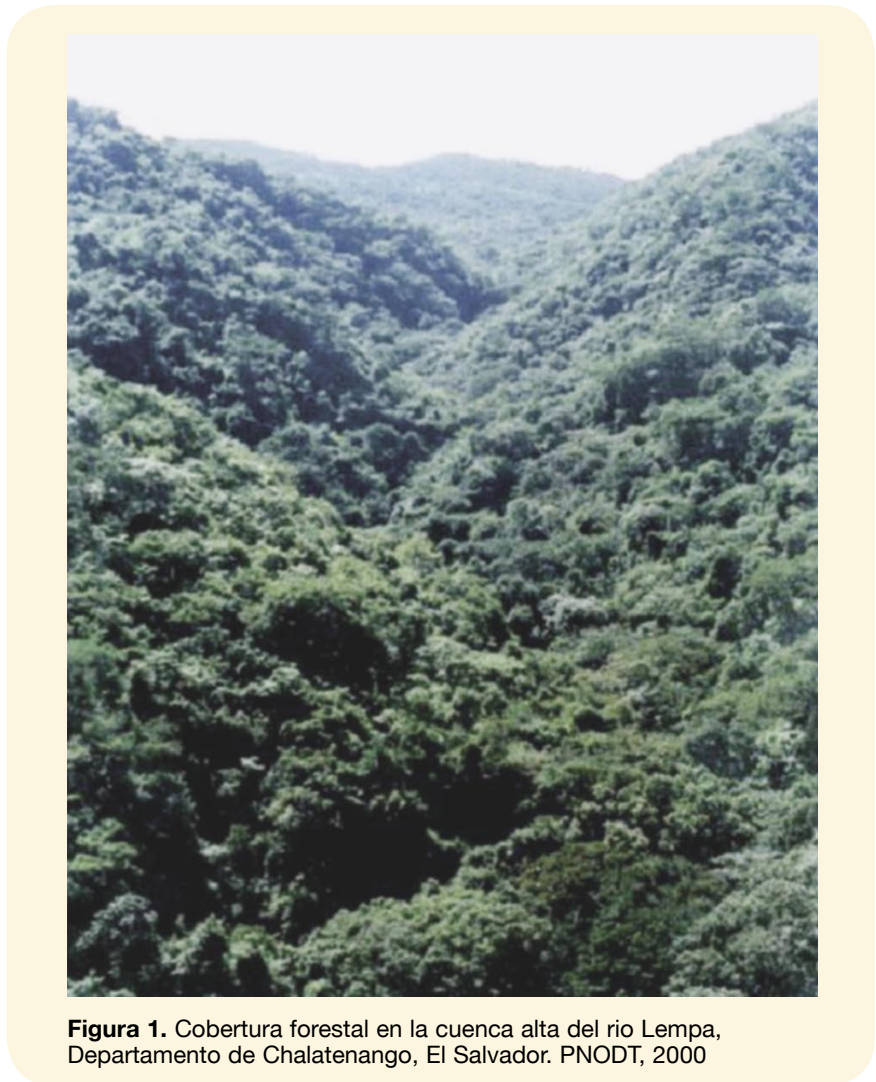


Figura 1. Cobertura forestal en la cuenca alta del río Lempa, Departamento de Chalatenango, El Salvador. PNOTD, 2000

Foto: Ricardo Calles.

Materiales y métodos

El área que comprende la cuenca alta del río Lempa abarca una superficie de 6063,6 km², correspondientes al territorio ubicado aguas arriba de la presa de El Cerrón Grande², o sea más de un cuarto del territorio nacional. El área abarca la mayor proporción de los departamentos de San Salvador, Santa Ana, Chalatenango, Cuscatlán y La Libertad (Fig. 2).

La estimación de los valores económicos comprende el desarrollo metodológico para calcular el valor de captación de agua por el bosque, el valor de los costos de protección y recuperación de las zonas degrada-

das y el valor del agua como insumo para la producción (Barrantes y Vega 2002a). Cada uno de estos componentes se calcula para complementar la estructura tarifaria hídrica del servicio que ofrece ANDA.

El valor del agua se mide a través de los costos incurridos en el proceso productivo y de mantenimiento, y se puede desagregar en:

1. Valor de captación.- Para estimar el valor de captación como un componente que permite determinar la productividad hídrica del bosque (cantidad de agua captada), se debe calcular primero el beneficio, en términos biofísicos, que produce

² La delimitación se realizó tomando en cuenta la realizada por el proyecto PAES, con base en el modelo de elevación digital. El área total de la cuenca registrada por el Programa ArcView 3.2, fue de 6063,59 km²

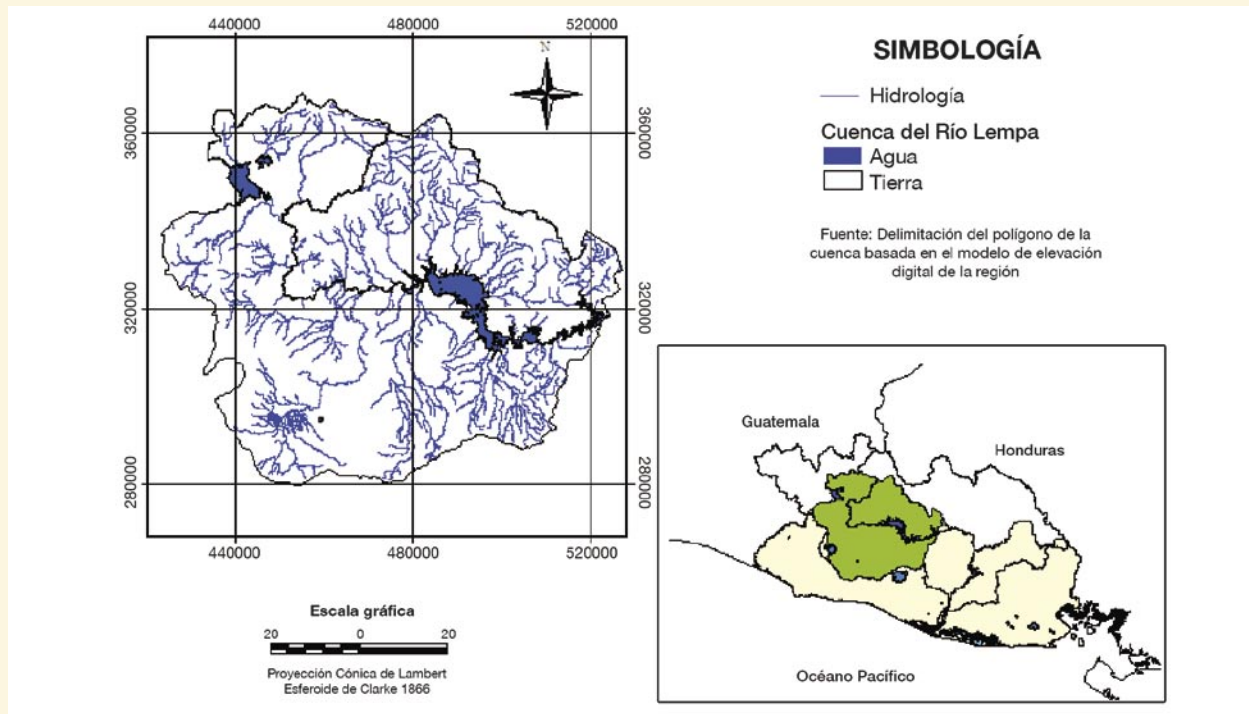


Figura 2. Ubicación de la cuenca alta del río Lempa, El Salvador

la biodiversidad boscosa como captadora de agua, y posteriormente se le asigna un valor mediante el enfoque del costo de oportunidad del uso del suelo en el área de estudio (Barrantes y Vega 2002a). La siguiente ecuación permite estimar el valor de captación del bosque:

$$\overline{VC} = \sum_{i=1}^n \frac{\alpha_i B_i A b_i}{O h_i} \quad (\text{ecuación 1})$$

Donde,

| | |
|-----------------|---|
| VC | Valor de captación hídrica promedio del bosque (US\$/m ³) (cantidad + calidad) |
| B _i | Costo de oportunidad de la agricultura que compite con el bosque en la cuenca i (US\$/ha/año) |
| Ab _i | Área bajo bosque en la cuenca i (ha) |
| Oh _i | Oferta hídrica captada por bosques de la cuenca i (m ³ /ha/año) |
| α _i | Importancia del bosque en la cuenca i en función de la cantidad y calidad del recurso hídrico (%) |
| n | Número de cuencas |

2. Valor de protección y recuperación.- Este valor hace referencia al costo de recuperar las zonas degradadas con potencial de captación hídrica (Fig. 3), las cuales podrían regenerarse con la plantación de árboles para crear condiciones similares a las del bosque natural que había en las laderas antes de la actividad agrícola. Los costos incurridos en la protección de áreas de bosque se determinan por los gastos en salarios, cargas sociales del personal destinado a la protección y los montos correspondientes a combustible, transporte, infraestructura y otros gastos de operación.

En términos operacionales, se puede plantear que los recursos necesarios para el establecimiento de las medidas de recuperación, protección, conservación y mantenimiento de cuencas están dados por la ecuación 2.

$$VP = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_{ij} C_{ij}}{O h_i} \quad (\text{ecuación 2})$$

Donde,

| | |
|-----------------|---|
| VP | Valor de protección de cuencas hidrológicas (US\$/m ³) |
| C _{ij} | Costos de la actividad j destinada a la protección de la cuenca i (US\$/ha/año) |
| δ _{ij} | Fracción del costo j destinada a la protección del bosque en función del recurso hídrico en la cuenca i (%) |
| Oh _i | Oferta hídrica captada por bosques de la cuenca i (m ³ /ha/año) |

3. Valor del agua como insumo de la producción.- Algunos sectores de la economía utilizan el agua como insumo de la producción. Para efectos del estudio, se consideraron como usuarios del agua a los sectores hidroenergético y agrícola, así como a los sectores que atiende ANDA (residencial, industrial y comercial). En el sec-

| Hidroenergía | Agricultura |
|--|---|
| $PE_{ag} = P_{ahor}^{kw} * q^{kw}$ (ecuación 3) | $P_k^{ag} = (p_k - c_k) * q_k$ (ecuación 4) |
| Donde, | Además, |
| PE_{ag} Precio del agua en el sector electricidad (US\$/Kw) | $q_k = (Q_{riego}^k - Q_{secano}^k) / V_i$ |
| P_{ahor}^{kw} Ahorro por kilowatt generado (US\$/Kw) | Donde, |
| q^{kw} Cantidad de kilowatts por metro cúbico (Kw/m ³) | P_k^{ag} Costo del agua en agricultura para el cultivo k (US\$/m ³) |
| | p_k Precio del producto k (US\$/kg) |
| | c_k Costo de producción bajo riego (US\$/kg) |
| | q_k Cambio en producción del cultivo k bajo riego (kg/m ³) |
| | Q_{riego}^k Cantidad de producción del cultivo k bajo riego (kg/ha) |
| | Q_{secano}^k Cantidad de producción del cultivo k sin riego (kg/ha) |
| | V_i Volumen de agua usado en riego del cultivo i (m ³ /ha) |

tor hidroenergético se utilizó el enfoque del ahorro en costos, ya que su aplicación permite cuantificar el monto que el país se ahorra con hidroelectricidad, en comparación con cualquier otra alternativa de generación eléctrica, incluyendo la importación.

Para el sector agrícola, se usó el enfoque de cambio en productividad a partir del supuesto de que científicamente se reconoce que el riego incrementa la productividad agrícola, y que este cambio en la producción puede ser usado para calcular el valor del agua. Este cambio en la producción multiplicado por el precio del producto agrícola (mercado) aproxima el valor del agua usada en la agricultura (Barrantes y Vega 2002b).

El valor del agua en los sectores residencial, comercial e industrial puede estimarse usando el análisis de demanda (excedente del consumidor), el cual incluye variables como precio (tarifa), volumen consumido y elasticidad. Ese excedente representa la valoración social neta del incremento de la oferta del servicio (Barrantes y Vega 2002b).

El valor neto del agua, VA, vendría dado en términos de pre-

cios (P), oferta (Q) y elasticidad (ϵ), así:

$$VA = \frac{P_1(Q_2^{\frac{1}{\epsilon}+1} - Q_1^{\frac{1}{\epsilon}+1})}{Q_1^{\frac{1}{\epsilon}+1}(\frac{1}{\epsilon} + 1)} - P_2(Q_2 - Q_1)$$

(ecuación 5)

Donde, $P_2(Q_2 - Q_1)$ representa el costo social del abastecimiento adicional de agua.

4. Valor de los costos por tratamiento post-servicio de aguas.-

Estos costos están determinados por los gastos en construcción y depreciación de activos (plantas de tratamiento), mantenimiento, operación y administración de los sistemas de drenaje para la conducción de las aguas hacia los cauces de ríos.

5. Margen ahorro-inversión ambiental.-

El margen de ahorro-inversión es un componente en el ajuste de la tarifa hídrica (se calcula tomando entre el 3 y 5% del valor de captación, de protección y el del agua como insumo) cuyo fin es garantizar la disponibilidad financiera para la atención de imprevistos que afecten el flujo del recurso hídrico hacia los diferentes sectores.

En la ecuación 6 se presenta el

modelo económico ecológico que internaliza el valor de las variables ambientales y financieras de la tarifa hídrica para ANDA.

$$TAA = VC + VP + VA + VTr + VT + MAI$$

(ecuación 6)

Donde,

TAA Tarifa ambientalmente ajustada para el servicio ambiental hídrico (US\$/m³)

VC Valor de captación de agua como productividad del bosque (US\$/m³)

VP Valor de protección y recuperación de cuencas (US\$/m³)

VA Valor del agua como insumo de la producción (US\$/m³)

VTr Valor del tratamiento post-servicio de aguas (US\$/m³)

VT Valor de la tarifa actual del servicio de agua potable (US\$/m³)

MAI Margen de ahorro e inversión (US\$/m³)

Resultados y discusión

Valor de captación

La valoración del servicio ambiental hídrico se fundamentó en el enfoque del costo de oportunidad del uso de la tierra. Se identificó la agricultura como la actividad que ha generado mayores procesos de degradación por el cambio de uso del suelo boscoso a parcelas de granos básicos. El costo de oportunidad de la actividad agrícola se estimó en US\$106/ha/año.

Una vez definido el costo de oportunidad, se ponderó la importancia del bosque en función del recurso hídrico mediante consultas a expertos. Los resultados muestran una ponderación de 40% a la importancia del bosque en función del recurso agua. Este porcentaje representa la proporción del costo de oportunidad que debe ser compensado por los usuarios del agua a los dueños de la tierra que inicien procesos de protección y recuperación. El otro 60% se atribuye a

otros servicios del bosque, como la fijación de gases de carbono, belleza escénica, biodiversidad y otros.

El área de bosque con potencial de recarga hídrica se ubica en la cuenca alta del Lempa, y es de aproximadamente 111.733 ha, la cual capta un volumen de agua de 1.993,59 mill.m³/año. Con la Ecuación 1, se obtiene un valor de captación de US\$0,005/m³.

$$VC = \frac{0,40 * 220,34 * 111.733,27}{1.993.590.000} = 0,005$$

VC es el valor de la productividad hídrica del bosque, equivalente al valor de captación y retención de agua. Este valor comprende solamente la productividad del bosque desde el punto de vista del servicio hídrico.

Valor de recuperación

Se calculó la superficie de suelo con aptitud forestal que ha sido cambiada a uso agrícola (193.686 ha). Por tanto, esta es el área que se debe restaurar con el fin de mejorar el régimen hídrico en la cuenca y, con ello, la disponibilidad de agua.

El valor de restauración de la cuenca alta del río Lempa en las superficies de aptitud forestal que han sido degradadas por el cambio de uso del suelo se asocia con los costos de desarrollar las distintas actividades requeridas. Asumiendo un período de tres años para llegar a tener un sistema de restauración relativamente consolidado, el costo total es de US\$822,40/ha/año.

Además, se tomó en cuenta la capacidad de captación hídrica de la cuenca (aprox. 1993,59 mill.m³/año), la ponderación del 40% asignado al bosque en función del agua y la superficie en conflicto de uso del suelo. De acuerdo con las estimaciones hechas por Alarcón (2001), los costos del sistema empleado para el primer año son de US\$577,83/ha, a lo que habría que añadir la rentabi-

lidad de la agricultura estimada en US\$102,37/ha/año.

Al aplicar la Ecuación 2, se obtiene un valor de protección de US\$0,0264/m³; es decir,

$$VP = \frac{0,40 * 680,20 * 193.686}{1.993.590.000} = 0,0264$$

VR corresponde al costo en que se debe incurrir el primer año para el establecimiento de plantaciones forestales en las partes altas de la cuenca. Dicho valor debe mostrar un comportamiento descendente en los años siguientes.

VC es el valor de la productividad hídrica del bosque, equivalente al valor de captación y retención de agua. Este valor comprende solamente la productividad del bosque desde el punto de vista del servicio hídrico. VR corresponde al costo en que se debe incurrir el primer año para el establecimiento de plantaciones forestales en las partes altas de la cuenca. Dicho valor debe mostrar un comportamiento descendente en los años siguientes.

Valor del agua como insumo de la producción

■ **Hidroenergía.** En la cuenca alta del Lempa existe un aprovechamiento a gran escala del agua en la producción de hidroenergía, por lo

que es relevante estimar un valor del agua dado que es el principal insumo de la producción de este sector. Para tal efecto, se consideró el costo de producción (US\$/Kwh) bajo distintas fuentes de producción de energía (hidroenergía, térmica y geotérmica). Según los datos, la producción de hidroenergía es la más barata con un costo de US\$0,023/kwh, seguido de la geotermia con US\$0,05/kwh y la energía térmica con US\$0,06/kwh. Esta última es la segunda alternativa de mayor contribución en la generación de energía eléctrica a nivel nacional. La producción media de hidroenergía es de 0,12 kwh/m³; al aplicar la Ecuación 3 se estimó que el valor del agua es de US\$0,0033/m³.

■ **Agricultura.** Para estimar el valor del agua en el sector agrícola, se consideró la información disponible en los dos distritos de riego ubicados en la cuenca, para un conjunto de actividades agrícolas que incluyen granos básicos y caña de azúcar. El rendimiento por hectárea de estos cultivos, sin riego, es de 4,5 Tm para arroz, 83,32 Tm para caña y 0,95 Tm para pastos. Mientras que bajo riego, el rendimiento por hectárea de arroz pasa a 5,85 Tm, la caña a 90 Tm, y los pastos a 1,42 Tm. Al aplicar la Ecuación 4 y empleando el promedio ponderado del valor del agua para cada cultivo con base en el volumen de riego utilizado, el valor final del agua en agricultura es de US\$0,0054/m³.

■ **Sector doméstico.** Para la estimación del valor del agua en el sector doméstico se consideró la demanda de agua potable, la tarifa promedio actual y un nivel de elasticidad precio de la demanda de -0,25³. Además, se consideró una tasa de crecimiento de 2,1% para el sector doméstico en los departamentos que abarca la

³ La elasticidad puede obtenerse con datos sobre precios y consumo, o bien adoptar un parámetro estimado para otra población con características similares. Para este estudio se tomó el valor de -0,25 basado en el estudio realizado por Barrantes y Vega (2002) en la región Chorotega, provincia de Guanacaste, Costa Rica, dado que los patrones de consumo en esa región y en la del presente análisis son muy similares, y ambas poblaciones responden de manera parecida a cambios en las tarifas de agua potable.



El agua es un bien homogéneo que debe manifestar un único valor sin importar el uso que tenga

cuenca. La estimación se realizó para el AMSS y para la zona rural y urbana de dichos departamentos. Con la Ecuación 5 se calculó el excedente del consumidor (por metro cúbico) para cada una de las áreas; los valores fueron de US\$0,0094/m³, US\$0,0058/m³ y US\$0,0065/m³ para el AMSS, zona rural y zona urbana respectivamente.

■ **Sector industrial y comercial.** En estos sectores, y a diferencia del doméstico, el agua es usada para la producción de otros bienes y servicios que tienen un precio en el mercado. Aquí se incluyen algunas industrias, comercios, hoteles, tiendas, etc. Sin embargo, el precio no incorpora un valor para el agua, sino sólo el costo del suministro del servicio de agua que brinda ANDA y otros administradores de acueducto. La estimación se realizó para el AMSS y bajo esta consideración se estimaron los modelos respectivos utilizando un promedio de consumo de agua (m³/mes) y aplicando la metodología ya expuesta. A partir

de estos modelos se calculó, con la Ecuación 5, el excedente del consumidor (por metro cúbico) para el área central. El valor del agua fue de US\$0,0086/m³ y US\$0,0097/m³ para el sector industria y comercio respectivamente.

Dado que el agua es un bien homogéneo, se espera que manifieste un único valor sin importar el uso que se le de. Las diferencias, si es que se quieren establecer, responderían a un conjunto de políticas previamente definidas, pero que no hacen referencia al valor del agua como insumo de la producción. Con base en la demanda de agua en los distintos sectores y en los valores particulares obtenidos, se estimó que el promedio ponderado es de US\$0,0047/m³. En términos generales, este valor es el que aplicaría dentro de un ajuste ambiental de tarifas hídricas para la cuenca.

Costos de tratamiento de agua post-servicio

Con base en los datos de ANDA, la tarifa del servicio de alcantarillado

sanitario está incorporada en la tarifa por el servicio de agua potable y representa el 40% de dicha tarifa para cada categoría de usuario. En consecuencia, los valores son 0,089 US\$/m³, 0,192 US\$/m³ y 0,189 US\$/m³ para el sector doméstico, comercial e industrial, respectivamente.

Margen de ahorro – inversión ambiental

Como primera aproximación, se propone un porcentaje del valor de captación, de restauración y del agua como insumo de la producción. En este caso en particular, la tasa es el equivalente al 3% de los valores mencionados.

Estructura tarifaria ambientalmente ajustada

Los valores económicos máximos de los componentes del servicio ambiental hídrico se presentan en el Cuadro 1 para cada sector de la economía. El valor del agua como insumo es un componente que debe contemplarse dentro de la tarifa hídrica para aquellos sectores que así la utilizan, con el fin de promover el desarrollo social con los ingresos generados por el aprovechamiento del agua, ya que por lo general, la comunidad protege los recursos que están en su localidad.

Con las estimaciones anteriores, se determina que el ajuste de la tarifa hídrica cobrada por ANDA sería de US\$0,03/m³ en el sector doméstico; mientras que para los sectores industrial y comercial, el valor económico estimado es de US\$0,04/m³. Si se considera el volumen promedio de consumo de agua en estos sectores con base en las estadísticas de ANDA, se estima que el porcentaje de incremento en el sector residencial metropolitano es de 9% al mes, 13% en el residencial urbano y 14% en el sector rural; en el sector industrial y comercial el incremento es de 8% al mes (Cuadro 2).

Cuadro 1.
Valores económicos en el servicio ambiental hídrico (US\$/m³)

| Sector | Valor de captación | Valor de restauración de bosques | Valor del agua como insumo | Tratamiento post-servicio | Margen ahorro-inversión | Total |
|--------------|--------------------|----------------------------------|----------------------------|---------------------------|-------------------------|--------|
| Residencial | 0,005 | 0,0264 | | 0,089 | 0,0009 | 0,0323 |
| Industrial* | 0,005 | 0,0264 | 0,0086 | 0,192 | 0,0012 | 0,0412 |
| Comercial | 0,005 | 0,0264 | 0,0097 | 0,189 | 0,0012 | 0,0423 |
| Agropecuario | 0,005 | 0,0264 | 0,0054 | | 0,0011 | 0,0379 |
| Hidroenergía | 0,005 | 0,0264 | 0,0033 | | 0,0010 | 0,0357 |

* Se consideran únicamente las industrias que no poseen su propio sistema de tratamiento de aguas residuales.

Cuadro 2.
Estimación del porcentaje de incremento en la tarifa de agua por sector atendido por ANDA (US\$/mes)

| Sectores de consumo | Consumo promedio mensual m ³ | Tarifa promedio mensual US\$/m ³ | Tarifa promedio mensual Ajustada US\$/m ³ | Porcentaje de incremento |
|---------------------|---|---|--|--------------------------|
| Residencial: | | | | |
| Metropolitana | 35,5 | 0,29 | 0,32 | 9 |
| Rural | 12,3 | 0,18 | 0,21 | 14 |
| Urbana | 32,1 | 0,20 | 0,23 | 13 |
| Comercial | 44,7 | 0,47 | 0,51 | 8 |
| Industrial | 264 | 0,48 | 0,52 | 8 |

Con respecto al sector agrícola e hidroenergético, el cobro de los valores económicos puede responder a un desarrollo institucional ya contemplado en la Propuesta de Reforma al Sector Hídrico, en donde se propone la creación de un *Ente Rector* responsable de definir los mecanismos de cobro del servicio ambiental, ya sea por tarifas o cánones.

Conclusiones

La tarifa hídrica es el mecanismo más apropiado para el cobro del servicio ambiental hídrico de los bosques en el área de estudio, así como de otras variables ambientales que se proponen para su incorporación: el valor de protección y recuperación de laderas degradadas, el valor del agua como insumo de la producción y un margen de ahorro-inversión. Con ello se elimina substancialmente el subsidio ambiental

hasta ahora ignorado y soportado por la sociedad como un todo.

Debe garantizarse que tanto el valor de captación (0,005 US\$/m³) como el de protección y recuperación de cuencas (0,0264 US\$/m³) lleguen a los propietarios de la tierra de acuerdo con el porcentaje equivalente al costo de oportunidad establecido por la sociedad del AMSS. Considerando el volumen de agua captada por un sistema bajo cobertura vegetal, así como el área bajo bosque y bajo pasto, el valor de captación y el de

protección, se pueden generar ingresos para la recuperación de la superficie con problemas de sobreesfuerzo del suelo con aptitud forestal y poder compensar el costo de oportunidad de la actividad agrícola que es de US\$220,34/ha/año.

Los porcentajes de incremento en la estructura tarifaria propuesta no son muy elevados, lo que puede justificar eventualmente un aumento en las tarifas, previa evaluación de la demanda o disposición de pago de los clientes de ANDA. 🌱

Literatura citada

- Alarcón, L; Díaz, O; Dimas, L; González, M; Herrador, D; Segura, E. 2001. Costo de prácticas agrícolas para la generación de servicios ambientales en El Salvador. San Salvador, El Salvador, Fundación PRISMA. 23 p.
- Barrantes, G; Vega, M. 2002a. El Servicio Ambiental Hídrico: aspectos biofísicos y económicos. Documento preparado para el Curso de capacitación "Evaluación del Servicio Ambiental Hídrico: aspectos biofísicos y económicos, dictado por el Instituto de Políticas para la Sostenibilidad, del 13 al 15 de noviembre del 2002 en San José, Costa Rica. 87 p.
- _____. 2002b. Evaluación del Servicio Ambiental Hídrico en la cuenca del río Tempisque y su aplicación al ajuste de tarifas. Documento preparado para la Asociación para el Desarrollo Sostenible del Área de Conservación Tempisque (ASOTEMPISQUE), Costa Rica. 102 p

Organización, regulación y tecnologías para el manejo y conservación del recurso hídrico en la subcuenca del río Aguas Calientes, Nicaragua¹

Ana Lucía Lorío Berríos

alorio@catie.ac.cr

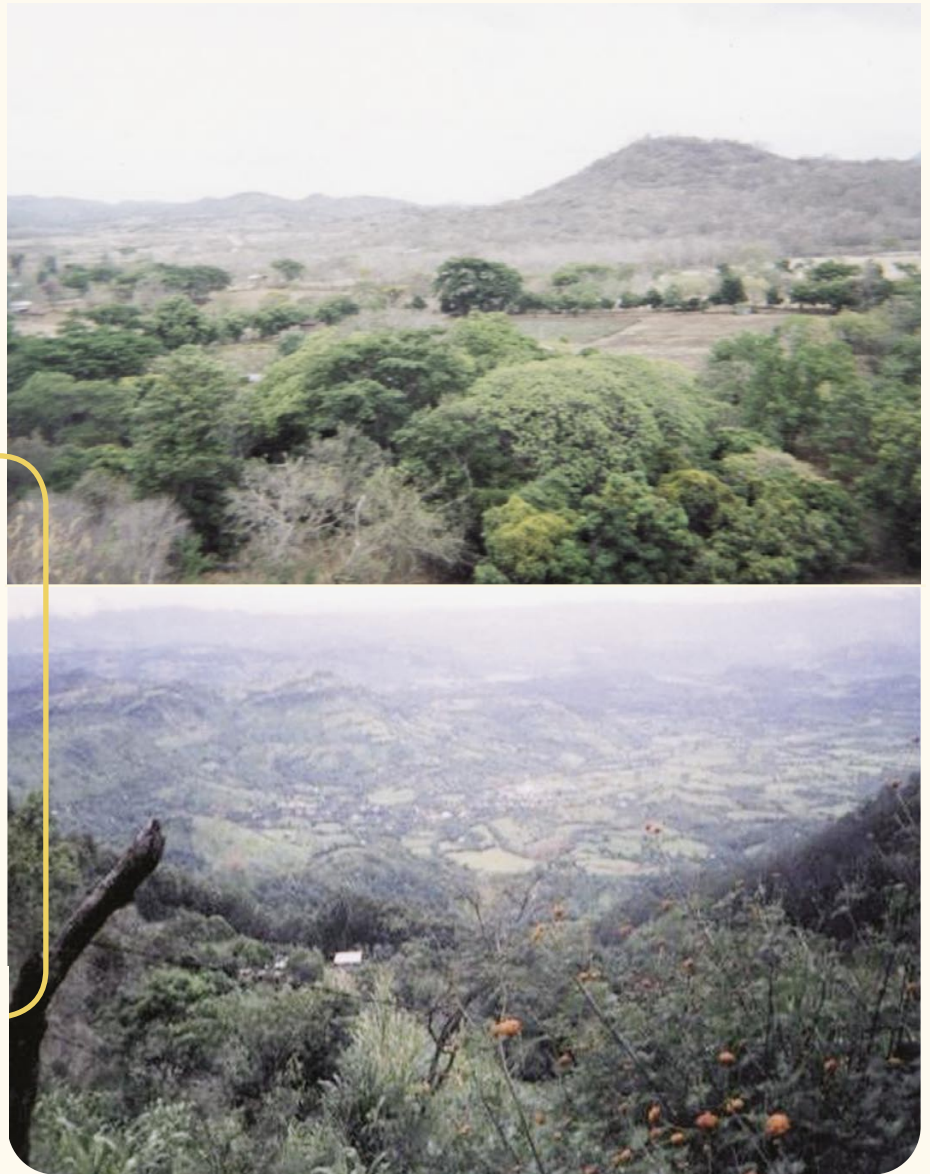
Cornelius Prins

CATIE. prins@catie.ac.cr

Francisco Jiménez

CATIE. fjimenez@catie.ac.cr

La aplicación de prácticas inadecuadas y la ausencia de regulaciones que permitan mitigar el deterioro de los recursos nos hace reflexionar sobre la necesidad de plantear soluciones que interrelacionen los contextos social, económico y ambiental.



Fotos: Ana Lorío.

¹ Basado en Lorío Berríos, AL. 2005. Procesos organizativos, regulación y tecnologías para el manejo y conservación del recurso hídrico y litigación de la sequía, subcuenca del río Aguas Calientes, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 160 p.

Resumen

Este artículo analiza el caso de la subcuenca Aguas Calientes en Nicaragua, en cuanto a los procesos sociales organizativos y su relación con el uso y disponibilidad del recurso hídrico. Se encontró que entre los factores que influyen en la problemática de la subcuenca están la ausencia o inaplicación de reglas y/o leyes que regulen el uso del recurso hídrico, la falta de una organización social adecuada, el desconocimiento de las fortalezas comunales y de la capacidad de resiliencia de los diferentes grupos poblacionales para dar respuesta a los problemas. Los resultados del estudio indican que en algunas comunidades el agua es más escasa y más estricta la regulación del uso. No obstante, en la parte baja de la subcuenca la regulación es pobre, principalmente en cuanto a sistemas de riego; las ordenanzas son muy generales y no se aplican; el grado de participación en las organizaciones de base es variado, y en algunos sectores el uso de suelos y aguas es inapropiado. En la parte media y baja hay disponibilidad de tecnologías que no son aprovechadas por factores económicos y organizativos. Los comités de cuencas ofrecen buenas posibilidades de gestión, pero por lo general son débiles y desorganizados. Se proponen, entonces, algunas estrategias para mejorar las condiciones ambientales y socioeconómicas, las cuales pueden formar parte de las tareas de diferentes organismos (entre ellos, los comités de cuencas). Entre esas estrategias están la implementación de una tarifa hídrica y del canon por consumo, y la coordinación entre organizaciones de base, agencias de desarrollo y gobierno local para efectivizar la labor en la conservación y optimización del recurso hídrico.

Palabras claves: Ordenación de aguas; recursos hídricos; cuencas hidrográficas; conservación de aguas; disponibilidad del agua; reglamentaciones; legislación; tarifas; río Aguas Calientes, Nicaragua.

Summary

Organization, regulation and technologies for the conservation and management of water in Aguas Calientes watershed, Nicaragua. This paper discusses the social organization and its relation to water use and availability in Aguas Calientes subwatershed, Nicaragua. Among the elements that most influence on the subwatershed problems are: absence or ineffectiveness of rules and/or laws to regulate water use, lack of adequate social organization, unknown community strengths, and unknown resilience capacity of communal groups to confront problems. The results of the study show that in some communities water is scarcer, and stronger the use regulation. Nonetheless, regulations are weak downstream, mainly in relation to irrigation systems; rules are very general and frequently not applied; people participation in social organizations varies, and in some places, soil and water use is inappropriate. In the middle and lower subwatershed, there are technologies available but not used due to organizational and economic limitations. The watershed committees offer good management possibilities, but in general they are weak and not well-organized. We propose some strategies to improve environmental and socioeconomic conditions in the subwatershed. These strategies may be carried out by different organizations (watershed committees among others). A water fare, a consumption canon, and the coordination among base organizations, development agencies and local government would be the principal strategies to improve conservation and use of water in Aguas Calientes.

Keywords: Water arrangement; water resources; watershed; water conservation; availability of water; regulations; legislation; fares; Aguas Calientes River, Nicaragua.

Introducción

Nicaragua sufre una severa y creciente degradación de sus recursos naturales y del ambiente; además, la frecuencia de fenómenos naturales de índole climática incrementa los problemas alimentarios y económicos. El deterioro ambiental tiene como causa principal las necesidades de subsistencia y el crecimiento poblacional que provocan el avance de la frontera agrícola; dicho efecto se magnifica por las prácticas antrópicas inadecuadas y se agrava por las disparidades estructurales organizativas y de la sociedad, lo que conlleva a mayores riesgos para los grupos de población vulnerables en lo económico y social.

La falta de planificación y organización adecuadas para la gestión sostenible de los recursos naturales aumentan el deterioro de los recursos, en especial del recurso hídrico. La subcuenca del río Aguas Calientes, municipios de Somoto y San Lucas, sufre un grave problema de agua, tanto en cantidad, como en calidad y disponibilidad. El problema se incrementa con la poca organización y divergencia de intereses en la zona. En algunas comunidades, las normas de distribución del agua no son equitativas y los lineamientos regulatorios no son efectivos para el manejo y conservación del recurso. Con el crecimiento poblacional y las sequías recurrentes durante los últimos diez años, así como la ausencia de medidas que disminuyan los impactos, la situación se vuelve cada día más difícil en la subcuenca.

La cooperación intercomunal generalmente es un eslabón débil en la organización campesina. La organización es un medio para alcanzar metas deseables y facilitar que los productores y comunidades participen en un proceso de planificación local; para ello se deben considerar sus intereses y prioridades, capacidades y espacios familiares. Las actividades y estrategias que se implemen-

ten para al manejo adecuado de los recursos agua, suelo y bosque definirán el futuro de la zona. Es necesario, entonces, evaluar el estado físico de la subcuenca y su relación con las actividades humanas. El recurso primordial para el manejo de cuencas es el recurso humano y social; así, hay que conocer el potencial existente “no utilizado” y las capacidades de los individuos y grupos para el uso y manejo adecuado del recurso hídrico.

La falta de planificación y organización adecuadas para la gestión sostenible de los recursos naturales aumentan el deterioro de los recursos, en especial del recurso hídrico. La subcuenca del río Aguas Calientes, municipios de Somoto y San Lucas, sufre un grave problema de agua, tanto en cantidad, como en calidad y disponibilidad.

La investigación tuvo como objetivo analizar los cambios en los procesos organizativos, las regulaciones utilizadas y niveles tecnológicos silvoagropecuarios para la protección y manejo del recurso hídrico, con el fin de proponer alternativas de solución que puedan ser incorporadas en el accionar de los diferentes organismos presentes en la subcuenca del río Aguas Calientes, Nicaragua.

Metodología

El área de estudio

La subcuenca intermunicipal del río Aguas Calientes se localiza entre las coordenadas 13°24'10" y 13° 29'28" Norte y 86°34'12" y 86°

39'39" Oeste, en el departamento de Madriz, Nicaragua; abarca un área de 47 km², el 84,53% corresponde al municipio de Somoto y el 15,47% al municipio de San Lucas (Umaña y Mendoza 2000).

El estudio se realizó en tres fases:

- **Identificación y reconocimiento de la zona e interacción con instituciones y organismos.-** Recopilación de información secundaria en instituciones y organismos. Se preparó una lista de informantes claves para iniciar el levantamiento de datos en las comunidades; se analizaron los planes operativos anuales de las diferentes instituciones y agencias de desarrollo, su cobertura dentro de la subcuenca, objetivos, misión, visión de cada institución, resultados de proyectos ejecutados y metodología de trabajo.
- **Interacción con las comunidades y organismos y recopilación de información primaria.-** Se entrevistó a 20 informantes claves, se aplicaron 120 encuestas en seis comunidades (20 personas por comunidad) dirigidas a líderes comunales y representantes de instituciones y ancianos con conocimiento de la historia de la zona, se realizaron talleres con líderes comunales y representantes de instituciones y organismos en ocho comunidades, reuniones de planificación con miembros de diferentes organismos y visitas tanto a nivel de agricultor, finca y comunidad como a nivel de instituciones y organismos presentes en la subcuenca, para conocer de forma directa el accionar de las instituciones, visión del productor y los niveles organizativos, tecnológicos y regulatorios de cada comunidad.
- **Procesamiento y análisis de la información.-** Ordenamiento de datos obtenidos de la información primaria y secundaria, procesamiento de la información recopilada mediante encuestas y entrevistas, análisis de datos y triangulación de resultados.

Resultados y discusión

Dimensión organizativa

En la subcuenca existen diferentes estructuras y formas de organización, pero dos formas organizativas son comunes en todas las comunidades: el Consejo Comarcal y el Comité de Agua Potable y Pozos (CAP). Otras formas de organización son propias de una comunidad o piso altitudinal, como las cooperativas de café y de henequén en la parte alta y media, respectivamente. Los dirigentes comunales son parte de la estructura básica a nivel local, y junto con un miembro del comité de agua, un representante del patronato escolar, un brigadista de salud, un representante de la iglesia católica y un representante de la iglesia evangélica conforman el comité comarcal. Este comité representa a la comunidad ante el Consejo Municipal. La importancia de las organizaciones para el interés comunal varía de comunidad a comunidad; el Cuadro 1 muestra la presencia e importancia de organizaciones en la subcuenca.

Algunos agricultores no forman parte de ninguna organización y trabajan solo con los miembros de su familia.

En la subcuenca existen diferentes estructuras y formas de organización, pero dos formas organizativas son comunes en todas las comunidades: el Consejo Comarcal y el Comité de Agua Potable y Pozos (CAP). Otras formas de organización son propias de una comunidad o piso altitudinal, como las cooperativas de café y de henequén en la parte alta y media, respectivamente.

Organizaciones existentes en torno al recurso hídrico

En el departamento de Madriz funciona la Comisión de Medio Ambiente (CAM), la cual dio origen a comisiones ambientales a nivel de municipios en San Lucas y Somoto. En la CAM participan el alcalde o vicealcalde y un concejal municipal; además, un miembro de la policía, del juzgado local, del Instituto Nicaragüense Forestal (INAFOR), del Ministerio de Recursos Naturales y el Ambiente (MARENA), del Ministerio de Educación, Cultura y Deportes (MECD), del Ministerio de Salud (MINSA), de la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado (ENACAL), del Instituto Nicaragüense de Promoción Humana (INPRHU), del Programa Mundial de Alimentos (PMA), de los medios de comunicación de Madriz y de la comunidad respectiva. La CAM inició actividades para mitigar el efecto del fenómeno de El Niño en el 2001, pero a partir del 2003 su trabajo

Cuadro 1.

Presencia e importancia relativa asignada por los pobladores a las organizaciones existentes en las comunidades de la subcuenca del río Aguas Calientes

| Formas organizativas | Uniles-Sta. Isabel | Quebrada de Agua, Mansico, Copales | Santa Rosa, Aguas Calientes | El Porcal | El Volcán | Rodeo II |
|-----------------------------|--------------------|------------------------------------|-----------------------------|-----------|-----------|----------|
| Consejo comunal o comarcal | 1 | - | 1 | 1 | 1 | 3 |
| Comités de agua | 2 | 4 | 4 | 2 | 3 | 1 |
| Cooperativa de henequeneros | 3 | - | - | - | - | - |
| Patronato escolar | 4 | 6 | 3 | 3 | 4 | 7 |
| Brigadistas de salud | 5 | 5 | 2 | 5 | 6 | 2 |
| Iglesia católica | 6 | 1 | 6 | 6 | 7 | 5 |
| Iglesia evangélica | 7 | 2 | 5 | 7 | 8 | 6 |
| Representantes municipales | - | 3 | - | - | - | - |
| Promotores y/o líderes | - | - | - | 4 | 5 | 4 |
| Comité de deportes | 9 | 7 | - | 8 | - | - |
| Cooperativa de cafetaleros | 8 | - | - | - | 2 | - |
| Grupos de horticultores | - | - | 7 | - | - | - |

Peso relativo: La posición en que se encuentra corresponde a la ubicación que le asigna cada comunidad de acuerdo a su participación; entre menor es el número mayor es la participación.

disminuyó debido a la baja coordinación interinstitucional y la falta de presupuesto y personal para ejecutar las funciones de monitoreo y vigilancia en el cumplimiento de las ordenanzas municipales y leyes nacionales. Al 2004 las tareas de la CAM están siendo revitalizadas por el comité de cuencas con el apoyo del Programa Focuecas del CATIE.

Organización y regulación del recurso hídrico a nivel de comunidad

El uso y distribución del recurso hídrico se regula a nivel de cada comunidad según el grado de escasez. La mayor regulación se da en Porcal, Rodeo, Santa Isabel, Volcán, Quebrada de Agua, Mansico y Uniles, y en menor grado en Aguas Calientes, Copales y Santa Rosa. En Porcal, Rodeo y Santa Isabel funciona la llamada “Ley de la Comunidad Organizada”, donde todos trabajan en función de la distribución equitativa del escaso recurso hídrico. Esta reglamentación es fundamental como soporte social de las ordenanzas municipales y otras expresiones de la legislación formal. En las comunidades, hasta el momento, la única forma organizada para el uso y distribución del agua para consumo humano son los CAP.

Presencia y acción de las agencias de desarrollo

En la subcuenca hay una presencia relativamente abundante de agencias de desarrollo (Fig. 1), aún en comunidades pequeñas; por ejemplo, en Rodeo se calcula que hay una agencia por cada tres familias. No obstante, aproximadamente el 50% de la población no es atendida por ninguna agencia, mientras que otros productores reciben apoyo de tres o más agencias simultáneamente. Hace falta promover una distribución más equitativa y eficiente de la asistencia técnica, dar mayor seguimiento a actividades iniciadas, mejorar la didáctica de la capacita-

ción técnica, introducir o replicar metodologías novedosas y participativas para incentivar la aplicación y apropiación de tecnologías amigables con el ambiente.

Del total de instituciones presentes en la zona de estudio, solamente el 50% aplican actividades de manejo ambiental y conservación de suelos y aguas. Algunas instituciones crean sus propias estructuras en las comunidades y provocan la fragmentación de las mismas.

Del total de instituciones presentes en la zona de estudio, solamente el 50% aplican actividades de manejo ambiental y conservación de suelos y aguas. Algunas instituciones crean sus propias estructuras en las comunidades y provocan la fragmentación de las mismas. Esta situación hace que no haya distribución equitativa de los servicios de asistencia técnica y que los productores caminen al “compás de las agencias”, en lugar

de ser las agencias las que trabajen según la demanda de los productores y la comunidad. Es necesario limar asperezas entre instituciones, e ir unificando criterios y multiplicando esfuerzos. El ordenamiento territorial debe acompañarse de ordenamiento institucional. Una situación que se percibe como una oportunidad es la existencia de leyes y ordenanzas que pueden ser retomadas para lograr el buen cumplimiento en las actividades de manejo de cuencas; asimismo, hay proyectos que pueden ser aprovechados para iniciar actividades coordinadas.

Planificación y avances de la organización

A partir del 2004 se ha venido desarrollando una serie de actividades dirigidas a la creación y consolidación de un comité de cuencas como ente rector y regulador del manejo y conservación de la subcuenca. Las dos municipalidades, con el apoyo de Focuecas, propusieron una estrategia de coordinación y participación para dar respuesta a los problemas y limitaciones de coordinación y ejecución de actividades de manejo y conservación de los recursos naturales. La Alcaldía Municipal de Somoto se encargó de organizar un comité provisional, integrado por líderes comunitarios, las alcaldías de Somoto y San

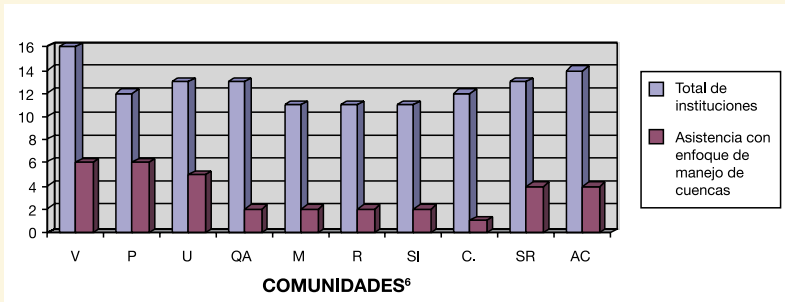


Figura 1. Instituciones que trabajan en la subcuenca y su relación con el recurso hídrico

V = Volcán, P = Porcal, U = Uniles, QA = Quebrada de Agua, M = Mansico, R = Rodeo, SI = Santa Isabel, C = Copales, SR = Santa Rosa, AC = Aguas Calientes.

Fuente: Lorío (2004)

Lucas y algunas entidades que mostraron su disposición de participar, tales como el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA), la Unión Nacional de Agricultores y Ganaderos (UNAG), Asociación de Productores de Somoto (APODESO), Ministerio de Recursos Naturales (MARENA), Instituto Nacional Forestal (INAFOR) e Instituto de Promoción Humana (INPRHU). En junio del 2004 se inició la formación de comités de cuencas comunales gestionados por el comité provisional, mediante reuniones con las comunidades y representantes de las instituciones. En julio del 2004 quedó establecido formalmente el Comité de la Subcuenca del Río Aguas Calientes (Fig. 2).

Esta estructura organizativa representa un paso hacia la institucionalidad para el manejo de la subcuenca. El establecimiento y consolidación del comité contribuye al buen manejo de los recursos hídricos con base en sistemas de coordinación y conciliación de los sectores involucrados, que son parte del capital social de la comunidad. Según Sepúlveda y Edwards (1996), para que el proceso de maduración de la organización pueda consolidarse es necesario que todos sus miembros cuenten con espacios naturales de participación y construcción organizativa. En tal sentido, es imprescindible que tanto los agentes externos como los propios dirigentes de las organizaciones realicen esfuerzos especiales para que dichos espacios estén permanentemente abiertos y que cada actividad del proyecto se transforme en un espacio de participación.

Regulación del uso del agua

Actualmente, la regulación se aplica solamente en las comunidades donde el líquido es escaso en la época seca; la regulación consiste en la distribución equitativa por persona y por familia. Los controles administrativos incluyen el racionamiento y la restricción del uso del agua para ciertos fines, medidas para

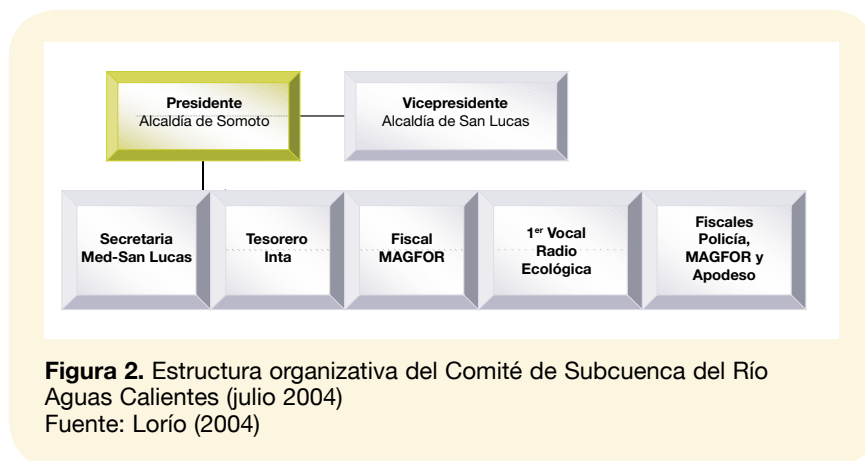


Figura 2. Estructura organizativa del Comité de Subcuenca del Río Aguas Calientes (julio 2004)
Fuente: Lorío (2004)

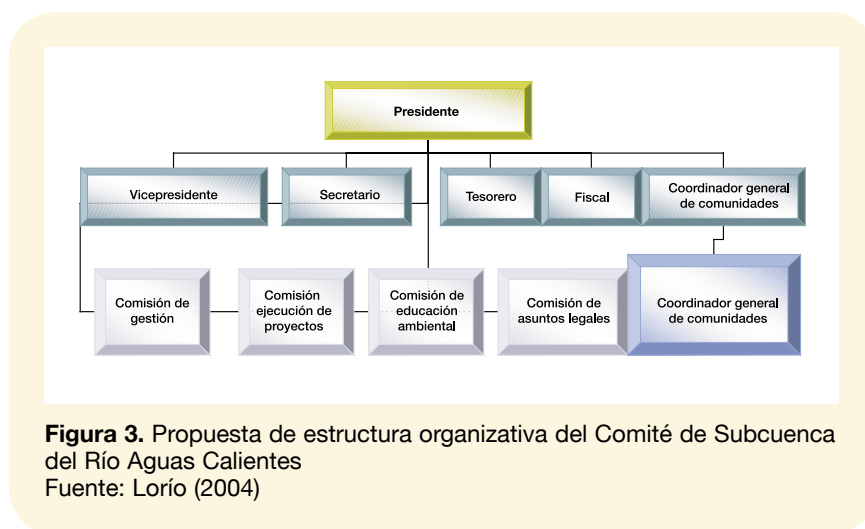


Figura 3. Propuesta de estructura organizativa del Comité de Subcuenca del Río Aguas Calientes
Fuente: Lorío (2004)

reducir pérdidas en los sistemas de distribución y programas de educación para promover la conservación. Estas medidas, combinadas con incentivos económicos, han resultado eficaces cuando el agua escasea (Banco Mundial 1994).

Lo ideal sería definir una tarifa hídrica por el privilegio de obtener un recurso tan escaso en cantidad y calidad, la cual compense el uso según un margen de consumo. Con el apoyo de una ONG y/o iniciativas de proyectos se podría pensar también en un incentivo para las personas que conservan los recursos. En las comunidades de la parte baja, el 4% de la población usa el agua para actividades agrícolas y pecuarias; no obstante, tal uso no ha sido regulado. La regulación del uso de los recursos hídricos por parte de las autoridades municipales e instan-

cias nacionales como MARENA y MAGFOR (Ministerio Agropecuario Forestal) es muy general, por lo que debe mejorarse en términos operacionales. Aunque existe una ordenanza municipal que se refiere al uso de riego, esta es muy general y actualmente no se aplica.

Uso de tecnologías de conservación de suelos y aguas

En la subcuenca, aproximadamente el 43% de los productores aplican tecnologías de conservación de suelos y agua. Hay conocimientos y tecnologías adquiridas a través de capacitaciones que no son aprovechados para el manejo y protección del recurso hídrico. Paradójicamente, a mayor número de capacitaciones recibidas, menor es la aplicación de tecnologías en conservación de sue-

los y aguas. Esto puede deberse a varios factores: las capacitaciones recibidas no responden a la demanda y oportunidades del productor; los temas impartidos no tienen un enfoque de conservación de suelos y aguas; la tierra no les pertenece, por lo que los pequeños productores o arrendatarios no tienen potestad de construir obras de conservación; las metodologías para la transferencia de conocimientos carece de prácticas demostrativas que incentiven su uso; no se da seguimiento a las capacitaciones sobre transferencia de tecnología.

Pocos organismos emplean métodos demostrativos como días de campo, parcelas demostrativas, demostraciones prácticas, giras de intercambio, o transferencia directa de productor a productor. Los que aplican estas técnicas han obtenido mejores resultados, como la UNAG, el Programa Campesino a Campesino y el INTA, a través del Programa de Generación y Transferencia Privada (ATP-1). Al evaluar la gama de herramientas de manejo disponibles, el rol y el campo de los avances tecnológicos debería ser cuidadosamente considerado como un factor que puede ayudar a alcanzar el manejo sostenible del recurso hídrico.

Alternativas de solución para dar respuesta a la problemática

- Ordenar el quehacer de las agencias que trabajan en la zona con un enfoque ambiental y de seguridad alimentaria, de tal manera que se atienda debidamente a todos los productores y se garantice la representatividad de las comunidades organizadas ante el Comité Central de la subcuenca. Para tal fin, se propone que en dicho comité se integren representantes de las comunidades de los tres pisos altitudinales de la subcuenca (Fig. 3).
- Desarrollar un mecanismo financiero para que la población del

sector urbano compense de alguna manera el valor de agua extraída de la cuenca. Tal mecanismo podría ser la ‘tarifa hídrica’, la cual se cobraría junto con la factura por agua consumida. Se propone aplicar un canon de agua a los usuarios con áreas de riego mayor de 0,7 ha.

- El comité de cuenca debe estudiar y considerar proyectos de capacitación y asistencia técnica, específicos en sistemas de riego y los requerimientos de agua de los cultivos en la parte baja de la subcuenca.
- Implementar proyectos productivos y cultivos alternativos accesibles y adaptables a la zona. Esto implica, por ejemplo, fomentar la siembra de variedades de ciclo corto, como maíz sintético sequía (NBS o NB-30/90 días) en asocio con frijol alacín y/o frijol mungo con barreras vivas de gandul, frijol DOR-364, siembra de prendones de pitahaya en cercas vivas y/o barreras muertas. Incentivar e implementar sistemas silvopastoriles; siembra de árboles y arbustos dispersos en potreros de especies leguminosas como acacia (*Acacia mangium*), madero negro (*Gliricidia sepium*), guácimo (*Guazuma ulmifolia*), genízaro (*Samanea saman*), leucaena (*Leucaena leucocephala*), marango (*Moringa oleifera*), entre otras. Así como pequeños bancos de gramíneas forrajeras: jaragua (*Hyparrhenia rufa*), estrella (*Cynodon nlemfuensis*), prácticas agroforestales intensivas en la parte media y baja de la subcuenca (árboles al contorno o en asocio con maíz y frijol) y prácticas agro-

forestales en la parte alta (árboles al contorno en cultivos de maíz, frijol y café).

Conclusiones

- Existen diferencias evidentes en la organización y capacidad de gestión entre las comunidades de la subcuenca.
- Si bien hay una fuerte presencia de entidades que apoyan y dan asistencia técnica a las comunidades, la coordinación entre ellas es pobre, lo que genera fragmentación y debilitamiento de las bases organizativas.
- Las ordenanzas elaboradas a nivel municipal fueron formuladas de forma muy general en lo que respecta al agua, no especifican métodos que regulen su uso ni designan la entidad reguladora, y no establecen mecanismos de vigilancia y control. Por ejemplo, el sector urbano del municipio de Somoto consume agua extraída del acuífero de la subcuenca y no paga ninguna compensación por la misma.
- Las comunidades con una aguda escasez de agua en el período seco han desarrollado sus propia “reglas de juego” para lograr un uso equitativo; las comunidades de la parte baja presentan bajos niveles de regulación, principalmente en sistemas de riego.
- Se desconocen o no se aplican de manera apropiada las tecnologías que permiten optimizar los sistemas de riego en pastos y hortalizas. Esto provoca salinización o deterioro del suelo, falta de equidad en la distribución del recurso y disminución de la disponibilidad en algunos sectores de la parte baja. 🌱

Literatura citada

- Banco Mundial. 1994. La ordenación de los recursos hídricos. Washington DC, EE.UU. 158 p.
- Lorío Berríos, AL. 2005. Procesos organizativos, regulación y tecnologías para el manejo y conservación del recurso hídrico y litigación de la sequía, subcuenca del río Aguas Calientes, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 160 p.
- Sepúlveda, S; Edwards, R. 1996. Desarrollo sostenible, organización social, marco institucional y desarrollo rural. San José, CR, IICA. 444 p.
- Umaña, J; Mendoza, J. 2000. Caracterización biofísica de la subcuenca Coco - Somoto. Documento informe final del estudio diagnóstico Alcaldía Municipal de Somoto. 69 p.

Articulación de metodologías de evaluación como base para la formulación del Plan Maestro Integral de la microcuenca del río Nimboyores y su área de influencia, Guanacaste, Costa Rica¹

Esperanza Burgos
eburgos@catie.ac.cr
Francisco Jiménez
CATIE. fimenez@catie.ac.cr
Germán Matamoros
SENARA. gmatamoros@senara.go.cr

La zonificación territorial ambiental permitió identificar cuatro áreas básicas para la ejecución del Plan Integral: áreas con alta intervención antrópica, áreas de protección de ecosistemas estratégicos, áreas de preservación y conservación estricta y áreas de recuperación o restauración ambiental.



Fotos: José Masís.

¹ Basado en Burgos, E. 2004. Plan maestro integral de la microcuenca del río Nimboyores y su área de influencia, Guanacaste, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 162 p.

Resumen

Se describe la articulación de las metodologías de evaluación utilizadas para definir la zonificación ambiental territorial del Plan Maestro Integral de la microcuenca del río Nimboyores y su área de influencia. La investigación partió de la estimación de la demanda de agua actual y para los próximos diez años, tanto para los desarrollos turísticos como para los asentamientos en el área de estudio. La actividad turística tiene repercusiones regionales; por ello se procedió a realizar una evaluación integral que incluyera los siguientes ámbitos: ambiental (matriz de Leopold), de desarrollo regional (escalograma de Guttman) y de ordenamiento territorial (superposición de mapas temáticos). Los resultados fueron articulados mediante mapas de oferta y demanda de servicios ambientales, utilizando SIG. En 72 desarrollos turísticos encuestados en la zona de estudio la demanda física actual de agua es de 789 l/s para temporada alta y 672 l/s para temporada baja; a diez años plazo la demanda será de 812 l/s y 773 l/s para las temporadas alta y baja, respectivamente. Los asentamientos en el área de estudio actualmente albergan una población de 18.921 habitantes, para una demanda actual de agua de 65,70 l/s y 74,35 l/s a diez años plazo. Los condominios y villas que en este momento están en construcción demandarán 35 l/s. De un total de 4360 impactos ambientales evaluados causados por las actividades de construcción y operación de corredores viales, desarrollos turísticos y asentamientos urbanos, un 55% correspondieron a impactos negativos. Se identificó un proceso de conurbación en ocho asentamientos y conflictos por sobreutilización en el 15% del suelo. Integrados todos los resultados por superposición de oferta y demanda de servicios ambientales mediante SIG, se generó la zonificación de cuatro áreas de intervención las cuales sirvieron de base para la formulación del Plan Maestro Integral.

Palabras claves: Recursos hídricos; ordenación de aguas; demanda de agua; abastecimiento de agua; cuencas hidrográficas; conservación de aguas; impacto ambiental; río Nimboyores; Guanacaste, Costa Rica.

Summary

Evaluation methodologies as a base for formulating an Integral Master Plan for the Nimboyores River micro-watershed, Guanacaste, Costa Rica. This article describes how the environmental and territorial assessment methodologies were articulated for the definition of the Nimboyores watershed's Master Plan. The first step was to estimate present and in-ten-years demand of water for both tourism facilities and local settlements. The evaluation included the following aspects: environment (Leopold's matrix), regional development (Guttman's scale), and territorial ordenamiento (thematic maps overlapping). Results were represented in environmental services supply and demand maps, and articulated using GIS. In the area, 72 resorts were interviewed. Their present demand of water is 789 l/sec in high season, and 672 l/sec in low season; in ten years, demand would reach 812 l/sec y 773 l/sec for high and low season, respectively. Local settlements shelter 18.921 people, and require 65.70 l/sec and 74.35 l/sec presently and in ten years, respectively. Apartments and villas being built will demand 35 l/sec. A total amount of 5360 environmental impacts caused by construction and maintenance of roads, tourism facilities, and settlements were assessed; 55% of them were negative. In eight of the settlements conurban processes were identified, and soil overuse in 15% of the area. Using GIS, results of environmental services supply and demand were integrated to determine four intervention areas, which were used as a base for the Master Plan.

Keywords: Water resources; water management; water demand; water supply; watershed; water conservation; environmental impact; Nimboyores River, Guanacaste, Costa Rica.

Desde finales de la década de 1980, el auge del turismo en Costa Rica ha significado un aporte importante a la economía nacional. Regiones como Guanacaste, en la costa Pacífica, han sido escenario de una fuerte inversión privada, según lo testifica el Informe Anual del Instituto Costarricense de Turismo (2002). De acuerdo con dicho informe, el área hotelera en la zona de Guanacaste ha recibido inversiones por 7232 millones de colones (US \$16.436.364), lo cual supera las inversiones en otros sectores económicos nacionales; además, ese auge ha incentivado el crecimiento de las áreas urbanas y la demanda por servicios. Este crecimiento, sin embargo, no viene acompañado de una planificación participativa que considere de manera integral la oferta y la demanda del recurso hídrico en la zona.

De toda la inversión y actividad turística, las playas constituyen uno de los principales focos de atracción. Como resultado, las comunidades ubicadas en las costas de Guanacaste se han desarrollado en forma acelerada y muchas veces con poca o ninguna infraestructura física, como sistemas de tratamiento de aguas residuales o telefonía pública. El incremento de áreas urbanizadas se da, la mayoría de las veces, sin planes reguladores que controlen el crecimiento de la zona (Jirón 2000).

El VI informe del Estado de la Nación (2000) señala que “en el futuro puede generarse un conflicto de uso, debido a la escasez del líquido, entre la actividad turística y el abastecimiento a las poblaciones, ya que parte de esta industria hotelera está ubicada en áreas con acuíferos susceptibles a la salinización”. Esta predicción ya es una realidad en doce comunidades costeras del cantón de Santa Cruz, donde se está dando una de las más importantes luchas ambientales del país: el acceso

al agua para satisfacer necesidades básicas de la población y para cubrir las necesidades de los desarrollos turísticos (instalaciones, urbanizaciones, condominios, campos de golf, centro comercial y piscinas) (Castro y Rojas 2002).

Metodología

Localización del área de estudio y su área de influencia

La microcuenca del río Nimboyores se ubica en la zona noroeste de Costa Rica, en el litoral Pacífico de la península de Nicoya, cantón de Santa Cruz, provincia de Guanacaste. Está conformada por las microcuencas de los ríos Tempate, Limón y Barba de Viejo, y vierte sus aguas en el río Cañas. El área de influencia directa comprende la microcuenca del río Nimboyores que abarca una extensión de 107 km² (Ramos 2001). El área de influencia indirecta comprende las subcuencas operativas vecinas costeras del río Matapalo-San Andrés y la parte alta en el margen derecha de la subcuenca del río Cañas, y abarca una extensión de 231 km² (Fig. 1).

Proceso metodológico

La investigación partió del diagnóstico realizado por IPS (2003) y fue complementada con trabajo de campo e información secundaria. La investigación contó con el apoyo del Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento (SENARA), en la búsqueda de soluciones al conflicto por el uso del agua, entre la actividad turística y las comunidades costeras de Guanacaste, Costa Rica. Las metodologías utilizadas, tanto para la estimación de agua como para las evaluaciones, fueron los siguientes:

- **Estimación de la demanda física de agua:** la demanda de recurso hídrico se estimó a partir de la sumatoria de la demanda física de agua para desarrollos turísticos y la demanda física para asentamientos humanos, con dos umbrales de tiempo: 2004 y 2014. El cálculo se basó en el Decreto No. 98 del 20 de mayo del 2004, donde se establece que la dotación de agua para uso poblacional es de 350 l/día por persona en la zona turística y de 300 l/día por persona

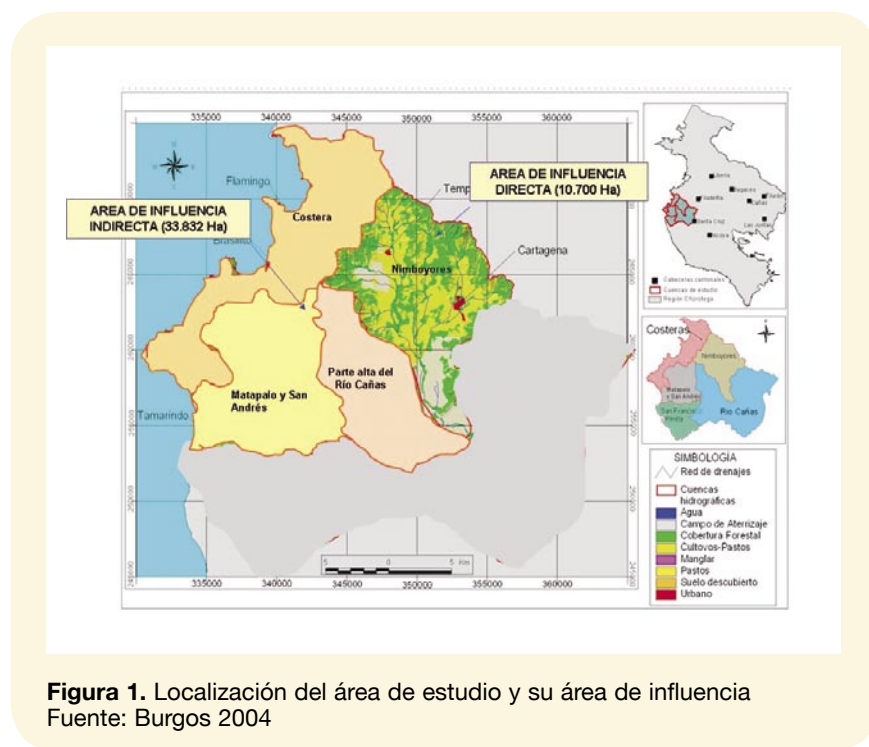


Figura 1. Localización del área de estudio y su área de influencia
Fuente: Burgos 2004

en el sector urbano. Se calculó una dotación 0,70 l/s ha (temporada baja) y 0,80 l/s ha (temporada alta), para el cálculo del riego de zonas verdes y canchas de golf.

■ **Evaluación de la problemática ambiental:** se utilizó la metodología de Leopold, una matriz de celdas abiertas que, según la complejidad del sistema a evaluar, puede contener todas las actividades de un proyecto y las características o condiciones ambientales que dichas actividades pueden afectar (Leal 1986). Para esta investigación, se tomaron 40 indicadores de alteración provenientes de: 520 impactos esperados causados por corredores viales y se evaluaron 16 actividades (preliminares, de construcción, operación y mantenimiento); 1840 impactos esperados causados por los complejos turísticos y se evaluaron 46 actividades, y 2000 impactos causados por los asentamientos urbanos y se evaluaron 50 actividades. Se usaron ocho criterios para calificar el efecto o impacto sobre el ambiente: tipo de impacto (positivo, negativo o indiferente); área de cobertura (regional o local); magnitud del efecto (alto, mediano o bajo); duración (persistencia a corto, mediano o largo plazo); tendencia (creciente, estable o decreciente); probabilidad de ocurrencia (segura, medianamente segura o incierta); mitigabilidad (irreversible, reversible, mitigable o compensable) y significancia o importancia (muy baja, baja, moderada, alta y muy alta).

■ **Análisis de la estructura urbano-funcional:** se utilizó el método de centralidad de Guttman el cual relaciona indicadores de tipo socioeconómico y cultural en un asentamiento, por hábitos de uso de bienes y servicios con el planteamiento sociológico de que, para adquirir un nuevo hábito es indispensable pasar por ciertos hábitos



Foto: José Masis.

Las playas constituyen uno de los principales focos de atracción turística en Guanacaste

previos en forma escalonada. Este método trabaja con variables cuantitativas y cualitativas. (Barbero 1993). Aplicado al análisis físico espacial, es una herramienta de regionalización para categorizar asentamientos urbanos según su importancia funcional, medida por la cantidad de bienes y servicios que habitualmente usan sus habitantes y los residentes en sus áreas de influencia (Burgos 1993).

■ **Evaluación del uso y del estado actual del territorio:** se retomó la información elaborada por IPS (2003) con base en el uso actual y capacidad de uso de la tierra, la cual se sustenta en el concepto de intensidad de uso; asimismo, se realizó un análisis sociocultural relacionado con la territorialidad.

■ **Articulación de metodologías de evaluación:** Este proceso se basó en el equilibrio ambiental territorial del área de estudio, de

donde fue necesario estructurar las bases de datos obtenidas en cada una de las evaluaciones para generar mapas temáticos vinculados. Posteriormente, esos mapas se fueron superponiendo hasta obtener el mapa de demanda de servicios ambientales. Las bases de datos para los mapas temáticos de oferta ambiental (suelos, pendientes, hidrogeología, bosques y ecosistemas estratégicos) dieron como resultado el mapa de oferta de servicios ambientales. La articulación final se dio mediante la sumatoria entre oferta y demanda de servicios ambientales, cuyo resultado es el mapa de “zonificación ambiental territorial”.

Resultados y discusión

Estimación de la demanda física de agua

■ Por parte de desarrollos turísticos: en el área de estudio se evalua-

ron 72 desarrollos turísticos que poseen en total 2230 habitaciones, atienden 5117 turistas con un porcentaje de ocupación entre 70 y 100% y cuentan con 1854 empleados en temporada alta. En esas condiciones se estimó un consumo total de 789 l/s. Para el mismo número de habitaciones, pero con un porcentaje de ocupación entre 2 y 60% (873 turistas) y 368 empleados en temporada baja, se estimó un consumo total de 672 l/s. Para la proyección de demanda física del recurso a diez años, se estimó un total de 4226 habitaciones proyectadas, 8954 turistas esperados y 4255 empleados; bajo ese escenario, el consumo estimado es de 812 l/s en temporada alta. Para la temporada baja, con el mismo número de habitaciones, 1797 turistas esperados y 943 empleados, el consumo es de 773 l/s. Las zonas verdes bajo riego se estimaron con un valor constante para los años 2004 y 2014: 1712 l/s/año (incluyendo las canchas de golf existentes).

Es evidente la diferencia del consumo entre la temporada alta (diciembre a marzo) y la temporada baja (abril a octubre) de los años 2004 y 2014: 23 l/s y 101 lt/s, respectivamente. Esta situación denota cuatro aspectos relevantes: 1) se demuestra cuantitativamente que la mayor demanda de agua de los desarrollos hoteleros se da en los meses con menor régimen de lluvias; 2) en temporada alta aumenta la presión sobre el recurso por parte de los desarrollos hoteleros para el mantenimiento de zonas verdes y, en especial, para el mantenimiento de las canchas de golf; 3) se da una importante fluctuación del empleo en el área de estudio entre las temporadas alta y baja, lo cual causa un desequilibrio laboral por falta de continuidad y genera mano de obra migratoria; 4) aún con los problemas de abastecimiento de agua ya

existentes, el sector turismo prevé la expansión de instalaciones, lo que incrementará la demanda futura de agua a largo plazo. Es urgente, entonces, proponer medidas preventivas que minimicen el impacto.

■ **Por parte de la población del área de estudio:** La estimación de la demanda de agua para los distritos de Tempate, Cartagena, Cabo Velas, Tamarindo y 27 de Abril para el año 2004, con una población total de 18.921 habitantes (INEC 2004) fue de 65,70 l/s. Las proyecciones para el año 2014 suponen una población total de 21.413 habitantes, por lo que la demanda estimada será de 74,35 l/s. Si se incluyen los condominios y villas en proceso de construcción, el consumo se elevará en el 2014 a 110 l/s.

La demanda de los pobladores locales representa solo el 8 o 9% de la demanda total por agua en temporada alta. Se hace necesario, entonces, que el sector turismo se vincule al proceso de planeación sostenible del recurso hídrico para buscar su sostenibilidad.

Evaluación ambiental Evaluación ambiental por actividades

La evaluación de 4360 impactos ambientales (520 para corredores viales, 1840 para complejos turísticos y 2000 para asentamientos urbanos) provocados por las actividades preliminares, construcción y operación, produjo los siguientes resultados:

■ **Por tipo de impacto:** el 55% de impactos negativos son producto de actividades de construcción de los corredores viales, por cuanto involucran alteraciones como deforestación, desajustes sucesionales, sedimentación de litorales, incremento de ruido, disminución de áreas de recarga por movimiento de material y contaminación por disposición de excedentes de obra, entre otros.

Le siguen, en orden de importancia, el impacto negativo de la construcción y operación de los desarrollos turísticos (30,6%), especialmente lo concerniente a mantenimiento de zonas verdes, y la construcción de asentamientos urbanos (28,9%).

■ **Calificación por área de cobertura:** a nivel regional, la cobertura mayor de impactos es generada por los desarrollos turísticos (37%), por cuanto alteraciones como los conflictos con las comunidades por el uso del agua superan el ámbito local. Asimismo, los desarrollos turísticos generan cambios en la calidad de vida, migraciones estacionales, demanda de mano de obra, cambios en el valor de la tierra, etc. Otros factores de impacto negativo son los corredores viales (33%) y los asentamientos urbanos (30%).

■ **Calificación por magnitud y duración del efecto:** las obras de los desarrollos turísticos y asentamientos urbanos tienen una alta magnitud de efecto (70%), mientras que los corredores viales presentan magnitudes de efecto medianas y bajas (30%). A nivel de duración de las obras, los desarrollos turísticos presentaron la mayor duración (40%) en un lapso de persistencia de 20 años, seguidos por los asentamientos urbanos (35%) y los corredores viales (25%). Los valores altos para desarrollos turísticos y áreas urbanas tienen que ver con la permanencia de este tipo de obras, mientras que los corredores viales impactan al comienzo pero su mantenimiento tiene menos efectos que los dos anteriores.

■ **Calificación por tendencia:** el 40% de los impactos causados por los asentamientos urbanos son de tendencia creciente, en tanto que el 36% de los impactos causados por los corredores viales son decrecientes, y estables el 24%

de los impactos generados por los desarrollos turísticos. La tendencia creciente de los impactos generados por los asentamientos se corrobora con el aumento de la población que demanda agua; la tendencia decreciente de los corredores viales se manifiesta por la baja duración de ejecución de este tipo de obras, y la tendencia estable de los desarrollos turísticos se debe a la larga duración de este tipo de proyectos que hacen que los impactos se prolonguen en el tiempo.

■ **Calificación por probabilidad de ocurrencia:** el resultado de esta calificación a nivel general destaca que el 70% de las actividades de obra, ya sean por corredores viales, desarrollo turístico o asentamiento urbano, tienen probabilidad de ocurrencia segura; el 20% tiene probabilidad de ocurrencia medianamente segura y el 10% restante incierta.

■ **Calificación por mitigabilidad:** de la totalidad de impactos, el 42% es mitigable, el 35% es irreversible, el 15% es compensable y solo el 7% es reversible. Los impactos irreversibles mayores se presentan en las áreas urbanas y desarrollos turísticos, razón por la cual es necesario establecer medidas de acción y control que minimicen los daños ambientales.

■ **Calificación por significancia:** del total de impactos producidos por las obras, el 40% tiene una alta significancia ambiental; el 23% muy alta; el 15% moderada; el 12% de media baja y el 10% de baja significancia ambiental.

La evaluación ambiental demuestra que la gran mayoría de actividades de obra producen impactos seguros, poco mitigables y con alta significancia ambiental, lo cual evidencia la necesidad de que el Plan Maestro preste atención a las medidas de control y mecanismos reguladores de protección ambiental.



Foto: José Masís.

Ninguno de los asentamientos urbanos alcanzó la totalidad de las funciones urbanas mínimas

Análisis de la estructura urbano funcional

El análisis de la estructura urbano funcional se hizo a partir de los asentamientos urbanos de Liberia, como centro regional principal y Santa Cruz como centro regional de relevo. Se definieron 71 funciones urbanas mínimas para el desarrollo de un asentamiento de calidad de vida media; mediante el escalograma de Guttman se jerarquizaron esas funciones por índice de centralidad. Así, los 14 asentamientos urbanos del área de estudio se categorizaron de la siguiente manera: **a) centros de relevo secundario:** Tamarindo, Potrero y Flamingo; **b) centros locales principales:** Cartagena y Huacas; **c) centros locales secundarios:** Brasilito-Conchal, Portegolpe, Matapalo, Tempate-Paraiso, El Llano y Villareal; **d) centros urbanos básicos:** Hatillo, Lorena-Corocitos, Salinas-Playa Grande.

Ninguno de los asentamientos alcanzó las 71 funciones urbanas

mínimas. Tamarindo alcanzó el número máximo de funciones (45,3), lo que quiere decir que ningún asentamiento en la zona de estudio suple ni el 50% de las funciones que ofrece el centro jerárquico de Santa Cruz. Esto genera una dinámica de flujos espaciales continuos de todos los asentamientos hacia el centro regional; en consecuencia se da un desequilibrio intra-regional y una pérdida de recursos por la constante movilización de los pobladores hacia Santa Cruz, para abastecerse de servicios que debieran adquirir en sus centros locales.

Del análisis total de los servicios urbanos se deduce que si bien existen equipamientos básicos para la población, los mismos presentan serias deficiencias en alcantarillado y recolección de basura, con consecuencias negativas en el saneamiento básico, así como deficiencias en los equipamientos de recreación y emergencias, los cuales son muy escasos.

El análisis funcional de las conexiones viales en la zona de estudio demostró que hay tres estructuras intra-regionales que, aunque unidas por el sistema vial general, actúan de manera independiente unas de otras, lo cual genera un desequilibrio interno. La primera corresponde al corredor Potrero- Flamingo - Brasilito; la segunda comprende el corredor Huacas- Matapalo – Salinas - sector de Santa Rosa – Villareal – Tamarindo, y la tercera comprende Tempate - Cartagena – Lorena - Portegolpe - El Llano y Hatillo.

El análisis de las dinámicas de crecimiento de los asentamientos dio por resultado ocho conurbaciones (crecimiento desmedido de un área urbana sobre otra de menor magnitud que llega a ser absorbida por la primera) significativas. Las conurbaciones identificadas fueron: Brasilito-Conchal; Cartagena - El Edén; Cartagena - Lorena; Tamarindo-Villareal; Huacas - La Garita - Matapalo; Potrero - Flamingo; Tempate - Paraíso y Salinas - Playa Grande. Evidentemente, estos desarrollos urbanos sin planificación harán que aumente la presión sobre el agua y otros recursos y servicios, y por ende, los impactos ambientales.

Evaluación territorial

El área total evaluada cubre 33.831 ha, correspondientes al área de influencia directa e indirecta. Mediante la superposición de los mapas de uso y capacidad de uso de suelo se identificaron las siguientes categorías de uso:

- **Áreas sin conflicto (a capacidad):** su uso actual es considerado correcto porque coincide con su capacidad de uso. Se identificaron un total de 21.232 ha (62% del territorio).
- **Áreas subutilizadas:** son aquellas cuyos usos de la tierra están por debajo de su capacidad real. En total hay 6.615 ha (20% del territorio).
- **Áreas sobreutilizadas:** el uso actual rebasa la capacidad de uso

de las tierras, con el riesgo de que los rendimientos vayan en descenso y con indicadores de erosión de diferentes tipos e intensidades. Hay un total de 5.024 ha (15% del territorio).

- **Áreas de uso urbano:** son los terrenos ocupados por los asentamientos urbanos; en total son 340 ha (1% del territorio).
- **Otros:** áreas con otros usos como desarrollos turísticos, cuerpos de agua, eriales e infraestructura; 619 ha que corresponden al 2% del territorio.

Esta evaluación territorial demuestra que el 35% del territorio de la microcuenca del río Nimboyores y su área de influencia presenta conflictos de uso: 20% por subutilización y 15% por sobreutilización.

Articulación de metodologías de evaluación: como resultado de la estructuración de las bases de datos correspondientes a la evaluación ambiental, de desarrollo y de ordenamiento territorial, se obtuvo el mapa de *demanda* de servicios ambientales. Asimismo, con las bases de datos de los mapas temáticos de suelos,

pendientes, hidrogeología, bosques y ecosistemas estratégicos se obtuvo el mapa de *oferta* de servicios ambientales. Sin embargo, el resultado más importante del proceso de planeación física fue el mapa “**Zonificación Ambiental Territorial**” (Fig. 2), el cual se obtuvo de la suma de mapas temáticos bajo SIG, en un planteamiento de búsqueda del equilibrio entre oferta y demanda de servicios ambientales.

En este mapa se identificaron como áreas base para la realización del Plan Maestro:

- **Zona 1- áreas con alta intervención antrópica (AAIA):** comprende los terrenos caracterizados por la existencia de actividades humanas, que por su deficiente manejo requieren medidas de control.
- **Zona 2- áreas de protección a ecosistemas estratégicos (APEE):** se consideran aquellas áreas donde la protección y conservación son prioritarias, ya sea por sus valores ecológicos, culturales e históricos, o por los beneficios directos que le reportan a la población y al desarrollo de la región en general.

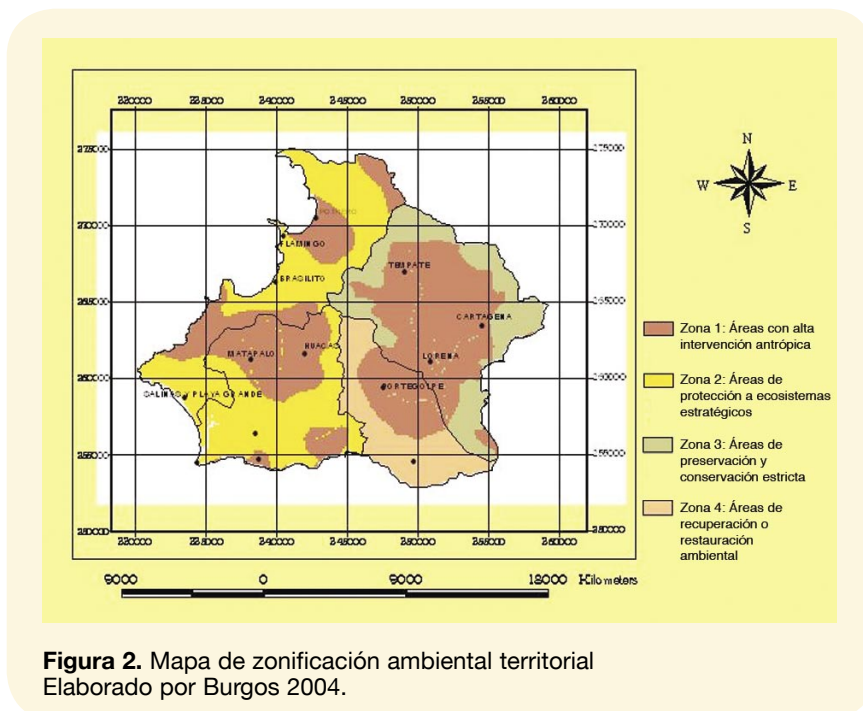


Figura 2. Mapa de zonificación ambiental territorial
Elaborado por Burgos 2004.

■ **Zona 3- áreas de preservación y conservación estricta (APCE):** comprende los terrenos planos aluviales y laderas de montaña y depresiones de montaña, en donde existe una buena acumulación de depósitos coluviales de piedemonte que recargan los acuíferos a través de la precipitación, infiltración directa o por corrientes superficiales.

■ **Zona 4- áreas de recuperación o restauración ambiental (ARA):** comprenden las franjas de especial importancia ambiental que han perdido parte de su estructura ecológica principal; son áreas muy sensibles a las actividades antrópicas.

Conclusiones

■ La demanda de agua actual y futura de los desarrollos turísticos es significativamente mayor que la demanda actual y futura de las comunidades en el área de estudio. Por esta razón, la sostenibilidad del recurso hídrico para el sector turístico pasa por un proceso de negociación y gestión para la protección de las áreas de recarga y el control de las obras y operación de proyectos de infraestructura y superestructura.

■ La metodología de evaluación ambiental permitió determinar cuantitativamente y mapificar el resultado de los impactos y efectos generados por las actividades preliminares, construcción y operación de corredores viales, desarrollos turísticos y asentamientos urbanos. Se determinó que la gran mayoría de impactos ambientales son negativos, de largo plazo y con una tendencia creciente, lo cual significa que las medidas propuestas de control y mitigación deberán ser de corto, mediano y largo plazo.

■ En los asentamientos urbanos, los mayores impactos fueron irreversibles; por ello, es necesario que se tomen medidas urgentes sobre el establecimiento de perímetros urbanos, determinación de áreas

de desarrollo y establecimiento de áreas de amortiguamiento ambiental, así como obras de saneamiento básico que minimicen el impacto de las áreas urbanas en el ambiente.

■ No existe en el área de estudio una correspondencia racional generalizada entre el número total de pobladores que demandan agua y la jerarquía de los asentamientos por tipo de equipamientos. Se deduce que la importancia de los asentamientos no radica en la cantidad de gente que albergan, sino en la cantidad de equipamientos que pueden ejercer atracción.

■ Existe una tendencia hacia el crecimiento urbano en la zona de estudio, sin que se hayan dictado medidas de regulación ni de planificación urbana. Distritos rurales como Tamarindo y Cartagena, se están urbanizando y la tierra cada vez tiene mayor valor, sin que de ello se beneficie económicamente la Municipalidad de Santa Cruz.

■ La sobreutilización del suelo tiene implicaciones territoriales, por cuanto se puede prever un agotamiento de los recursos y degra-

dación ambiental. Es urgente la necesidad de establecer una reglamentación de uso y manejo adecuado del territorio.

■ La utilización de SIG para la articulación de metodologías de evaluación es una de las mejores herramientas por cuanto permitió mapificar temas difíciles de especializar, tales como los resultados de la evaluación ambiental y de desarrollo regional. También permitió hacer la zonificación territorial de la relación entre oferta y demanda de servicios ambientales. Es evidente la utilidad de esta herramienta para procesos de planificación física que posteriormente deberán ser analizados con las comunidades de la zona.

■ En la Planeación Estratégica Situacional se deberá fomentar la incorporación de la visión comunitaria para así tener un modelo de planeación articulado que sirva para la formulación de políticas, estrategias, programas, proyectos y planes de inversión del Plan Maestro Integral de la microcuenca del Río Nimboyores y su área de influencia. 🌱

Literatura citada

- Barbero, MI. 1993. *Psicometría II; métodos de elaboración de escalas sociológicas*. Madrid, UNED.
- Burgos, E. 1993. *Socioeconomía y petróleo. Aportes a la planificación del desarrollo regional del Departamento de Casanare. Capítulo III. Análisis funcional de asentamientos*. Bogotá, COL, Pontificia Universidad Javeriana de Colombia / Ministerio de Trabajo.
- _____. 2004. *Plan Maestro Integral de la microcuenca del río Nimboyores y su área de influencia, Guanacaste, Costa Rica*. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 162 p.
- Castro, R; Rojas, I. 2002. *¿Agua para los supernegocios o para las comunidades?* Consultado nov. 2002. <http://www.una.ac.cr/ambi/Ambien-Tico>
- Estado de la Nación. 2000. *VI Informe*. Consultado nov. 2002. <http://www.estadonacion.or.cr/nacion2/informes.htm>
- ICT (Instituto Costarricense de Turismo). 2002. *Plan General de Desarrollo Turístico Sostenible 2002-2012. Capítulo III*. San José, CR, ICT.
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). 2004. *Proyecciones poblacionales*. San José, CR, INEC.
- IPS (Instituto de Políticas para la Sostenibilidad). 2003. *Diagnóstico de información para el Plan de Manejo Integrado de los Recursos Hídricos en el sector de la cuenca del río Cañas, río Nimboyores y cuencas aledañas costeras, península de Nicoya, Guanacaste*. Dos discos compactos 8 mm.
- Jirón, N. 2000. *Impacto del desarrollo turístico sobre el recurso hídrico de Tamarindo, Guanacaste*. Informe de proyecto de graduación. San José, CR, Universidad de Costa Rica. 15 p.
- Leal, J. 1986. *Las evaluaciones del impacto ambiental como metodología de incorporación del medio ambiente en la planificación*. Buenos Aires, ARG. (Colección Estudios Políticos y Sociales: La dimensión ambiental en la planificación del desarrollo).
- Ramos, V. 2001. *Estudio hidrogeológico de la subcuenca del río Nimboyores*. San José, Costa Rica. 76 p.

La mancomunidad de municipios como estrategia para la gestión del riesgo

El caso de la Mancomunidad de Municipios del Centro de Atlántida (MAMUCA), Honduras¹

Aidet Díaz

*aidet@catie.ac.cr,
idet09@hotmail.com*

Francisco Jiménez

CATIE. fjimenez@catie.ac.cr

Cornelius Prins

CATIE. prins@catie.ac.cr

Francisco Alpizar

falpizar@catie.ac.cr

Los municipios del Centro de Atlántida, con la estrategia de mancomunarse, han fortalecido la gestión del riesgo en forma integral mediante diversos proyectos que han impulsado el desarrollo de infraestructura y mejoras ambientales y socioeconómicas. Los municipios, las municipalidades y la población tienen ahora mayor capacidad para reducir y prevenir los efectos de las inundaciones y mayor conocimiento sobre los desastres naturales.



Foto: Aidet Díaz.

¹ Basado en Díaz, A. 2004. Manejo de cuencas y gestión del riesgo a desastres naturales, en el área de la Mancomunidad de los Municipios del Centro de Atlántida, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 187 p.

Resumen

La investigación se desarrolló en la Mancomunidad de Municipios de Centro de Atlántida (MAMUCA) en el Litoral Atlántico de Honduras, Departamento de Atlántida, con el objetivo de analizar la formación de mancomunidades como estrategia para la gestión del riesgo a desastres naturales en el área. El estudio se realizó mediante entrevistas a actores claves; además, se visitaron los asentamientos humanos en riesgo de inundación y las cuencas. En talleres locales participativos se analizaron los logros de los cinco municipios en la gestión del riesgo a desastres naturales.

Los cinco municipios han fortalecido y creado estructuras locales (municipales y comunitarias) que facilitan la ejecución de acciones de prevención y mitigación de desastres naturales. Se han logrado mejoras en los servicios públicos mediante proyectos gestionados por la Mancomunidad; además, aprovechando el capital social existente, se han implementado proyectos socioeconómicos de desarrollo y manejo de cuencas. Las mayores oportunidades de desarrollo se reflejan en la capacidad de gestión, una sociedad mejor organizada y mayores recursos físicos y humanos para la gestión ambiental. La influencia político partidista, la poca participación de la sociedad civil y los bajos ingresos económicos de los municipios son puntos críticos que deben ser analizados para fortalecer a la MAMUCA como estrategia sostenible de organización para la gestión del riesgo.

Palabras claves: desastres naturales; inundación; cuencas hidrográficas; riesgo; participación de la comunidad; municipio; gobierno local; Honduras.

Summary

The municipal commonwealth as a strategy for risk management; the Mancomunidad de Municipios del Centro de Atlántida (MAMUCA) in Honduras. This study analyzed the “Mancomunidad de Municipios del Centro de Atlántida (MAMUCA)” on the Honduran Atlantic coast, in order to assess the commonwealth as a strategy for risk management. Key actors were interviewed, settlements in risk of flood were visited and watersheds were inspected. Participative workshops with actors permitted to discuss advances in prevention of natural disasters in the area.

The five municipalities evaluated have now stronger local organizations (municipal and communal) for prevention and attenuation of natural disasters. Projects implemented by MAMUCA have improved communal services, and developed watershed management strategies. The main achievements are the improvement of the management capacities and communal organization, and the training of local resources in environmental management. Political influence, lack of participation and short incomes are the most critical aspects to overcome if MAMUCA is to play a determinant role in risk prevention in northern Honduras.

Keywords: natural disasters; flooding; watersheds; risk; community participation; local government; Honduras.

Las severas consecuencias de los desastres naturales ocurridos en la región centroamericana demuestran la ausencia de organización y capacidad local. Tales situaciones de crisis exigen un proceso social que genere resiliencia local al riesgo latente provocado por fenómenos naturales cíclicos. En los últimos años se ha impulsado la ges-

ción del riesgo a nivel local como una estrategia para mitigar la vulnerabilidad y crear capacidades locales en materia de prevención y mitigación. Así surgió la Mancomunidad de los Municipios del Centro de Atlántida (MAMUCA) en Honduras.

El área de influencia de MAMUCA sufre inundaciones frecuentes debido al desbordamiento

de los principales ríos de la zona, lo que asociado a los procesos de degradación de las cuencas incrementa el riesgo ante eventos hidrometeorológicos de gran magnitud. Los gobiernos locales no tienen competencia en la gestión del riesgo debido a sus limitaciones económicas y políticas que dificultan la gestión ambiental, la planificación

y ejecución del ordenamiento territorial, la implementación de políticas de ordenamiento territorial y la aplicación de instrumentos legales que regularicen el quehacer en el municipio y ayuden a mitigar la vulnerabilidad.

La organización social y la creación de estructuras locales comunitarias y municipales son estrategias de los municipios que han evitado la pérdida de vidas humanas. Sin embargo, esto no es suficiente para reducir la frecuencia de eventos y la magnitud de los desastres en la zona. Esto llevó a los municipios del Centro de Atlántida a asociarse bajo la forma de mancomunidad para tener mejores oportunidades de desarrollo y acceso a condiciones que individualmente no están a su alcance.

Se considera esencial la divulgación de estudios, experiencias y lecciones aprendidas en la gestión del riesgo y de acciones desarrolladas en las cuencas gestionadas por las municipalidades con participación comunitaria. El objetivo de este estudio fue analizar la gestión del riesgo en la MAMUCA, con la finalidad de que la información generada conlleve a la reflexión del proceso en la zona. Además, se busca contribuir al creciente compromiso social de generar alternativas para las poblaciones vulnerables y con escaso capital humano, físico, económico y financiero; condiciones que muchas veces las marginan del progreso y de las políticas y programas nacionales e internacionales de desarrollo.

Metodología

La Mancomunidad de los Municipios del Centro de Atlántida se ubica en el Litoral Atlántico de Honduras, en el Departamento de Atlántida. Está conformada por los municipios de El Porvenir, San Francisco, La Masica (sede institucional de la MAMUCA), Esparta y Arizona. Tiene una población de 82.948 habi-

tantes, de los cuales, 42.034 son hombres y 49.914 mujeres. Su extensión territorial es de 2002 km².

La zona cuenta con 406 asentamientos humanos (8 urbanos y 397 rurales). Sólo el 33% de la población es urbana. El 34,5% de la población total de la MAMUCA se concentra en asentamientos con poblaciones entre 101 y 500 habitantes. El 27% de la población es de pobreza extrema (viviendas con dos o más necesidades básicas insatisfechas (NBI) y el 58% son considerados pobres (viviendas con al menos una NBI). El acceso a los establecimientos de salud para la mayor parte de la población rural es difícil (CEAH 2004). Los municipios del Centro de Atlántida se clasifican en la categoría C (municipios pobres).

En la MAMUCA predominan las actividades primarias: agrícola, ganadera, forestal y pesquera, seguidas de las actividades del sector terciario como comercio y las actividades de servicio y, en último nivel de importancia, las actividades del sector secundario.

En el área existen cinco cuencas principales que con frecuencia inundan las poblaciones de la parte media y baja. Se trata de cuencas municipales e intermunicipales con vocación forestal y de protección, cuyas microcuencas son productoras de agua para el abastecimiento de la población. La divisoria de los municipios la constituyen los ríos, lo que hace que existan caseríos inundados simultáneamente por dos o tres ríos.

Actualmente las cuencas sufren procesos de degradación debido a las actividades humanas como la agricultura de subsistencia y el uso de tecnologías inadecuadas, como la tala y quema del bosque y pastoreo excesivo. A esto se agrega las pendientes fuertes que hacen que los tiempos de concentración de las avenidas sean cortos y con fuertes crecidas que inundan las planicies de las cuencas y depositan grandes cantidades de sedimentos.

Fases metodológicas

1. Entrevistas con actores claves. Se elaboró una guía semiestructurada para entrevistar a actores claves de los cinco municipios: alcaldes y funcionarios municipales, organizaciones comunitarias (comité local de emergencia, patronatos comunitarios y juntas de agua), instituciones involucradas en la gestión del riesgo, personal del Proyecto Municipal de Sistema de Alerta Temprana (PROMSAT) y personal ejecutivo de la MAMUCA. También se entrevistó a directivos y personal técnico de instituciones ambientalistas, tanto gubernamentales como no gubernamentales, con incidencia en las cuencas; con estos actores se usó un formato específico de preguntas según el tipo de institución. Otros actores relevantes fueron: productores, operadores de radio del Sistema de Alerta Temprana Intermunicipal (SAT), representantes de patronatos comunitarios y comités de emergencia locales.

2. Recorrido por asentamientos humanos en riesgo de inundación. Se recorrieron los asentamientos humanos con mayor riesgo de inundación y se dialogó con los pobladores, con el propósito de captar la visión y expectativas de la población que convive con esta amenaza, así como conocer las acciones locales de prevención ejecutadas.

3. Gira a las cuencas. Estas tuvieron como propósito hacer un reconocimiento de la zona, visualizar de manera integral la situación de la misma y corroborar la información obtenida de fuentes primarias y secundarias.

4. Talleres locales participativos. Se hizo un análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA) sobre la gestión del riesgo en la MAMUCA; la validación se hizo en un segundo taller con actores de los cinco municipios que forman la Mancomunidad.

5. Análisis de información. Se aplicó la técnica de triangulación para procesar la información obtenida en las fases metodológicas. La misma consiste en la combinación de métodos cuantitativos y cualitativos que, considerando distintos aspectos de una misma realidad, permiten su ubicación precisa en un contexto dado (Rodríguez 2002).

Resultados y discusión

¿Por qué se mancomunan los Municipios del Centro de Atlántida?

Los municipios comparten condiciones físicas, económicas, sociales y geográficas; sus ingresos tributarios son insuficientes y no son considerados en las políticas de desarrollo ni en la distribución de fondos del gobierno central. Esta situación los llevó a organizarse con el fin de tener acceso a la cooperación internacional para alcanzar un desarrollo equitativo y reducir la vulnerabilidad a los desastres naturales.

Capacidades adquiridas por los municipios en la gestión del riesgo

La gestión del riesgo ha evolucionado del manejo empírico de los desastres, al establecimiento de estructuras locales que ejecutan planes de emergencia y actividades de prevención para reducir el riesgo, principalmente ante la amenaza constante de inundaciones. Una población de alto riesgo se ha organizado bajo el Sistema Intermunicipal de Alerta Temprana. Los mayores éxitos se reflejan en la salvaguarda de la vida humana y en la apropiación de una cultura de prevención. La planificación intermunicipal con base en problemas comunes les garantiza igualdad de oportunidades de desarrollo; ejemplo de ello es el Plan Estratégico a 20 años cuyos eje estratégicos son: gobernabilidad, desarrollo económico, desarrollo social, medio ambiente e infraestructura.

La construcción de puentes, gaviones (Fig. 1), espigones, mejoras a estructuras de salud y educación, canales para evacuación de agua de lluvias y mejoras a las redes de distribución de agua potable son logros de la MAMUCA como ente gestor y administrador. También se han creado estructuras organizativas a nivel intermunicipal, como la Unidad Intermunicipal de Salud, la Unidad Técnica Intermunicipal y La Unidad Intermunicipal de Juntas de Agua (en proceso de creación), las cuales impulsan y coordinan acciones a nivel de la Mancomunidad.

La protección de cuencas y microcuencas empieza a tener importancia en la zona como medida de prevención de inundaciones; de hecho, algunas microcuencas modelo gestionadas por las comunidades han sido declaradas como microcuencas protegidas. La MAMUCA ha iniciado la primera experiencia en manejo de cuencas con un proyecto elaborado, propuesto y gestionado por la Mancomunidad. Además, se logró un aumento de los ingresos y del presupuesto municipal con la expansión del perímetro urbano, lo que permitió la captación de mayores impues-

tos por bienes inmuebles. Con esto, el municipio de La Masica asciende de categoría C a B, y se beneficia del Proyecto de Reconstrucción Orientada al Desarrollo y a la Reducción de la Vulnerabilidad a Desastres en el Departamento de Atlántida (PROMAMUCA).

Proyectos de microempresas y socioeconómicos se han interesado en la gestión del riesgo, como alternativa para reducir la presión sobre los recursos naturales y mejorar algunas necesidades de las poblaciones pobres, que son las más vulnerables a las amenazas naturales. La MAMUCA cuenta con instrumentos como planes de emergencias, el Plan Estratégico de Desarrollo, el Plan de Uso del Suelo, planes operativos y mapas de riesgos, pero que requieren armonizarse e integrarse. Estas capacidades desarrolladas por los municipios son producto de la estructura organizativa institucional de la Mancomunidad, que gestiona y administra los fondos recibidos de la cooperación internacional, como la Cooperación Alemana y la Cooperación Canadiense, con proyectos que han repercutido favorablemente en los cinco municipios.



Figura 1. La construcción de gaviones en zonas vulnerables en uno de los logros de la MAMUCA

Foto: Aidet Díaz.

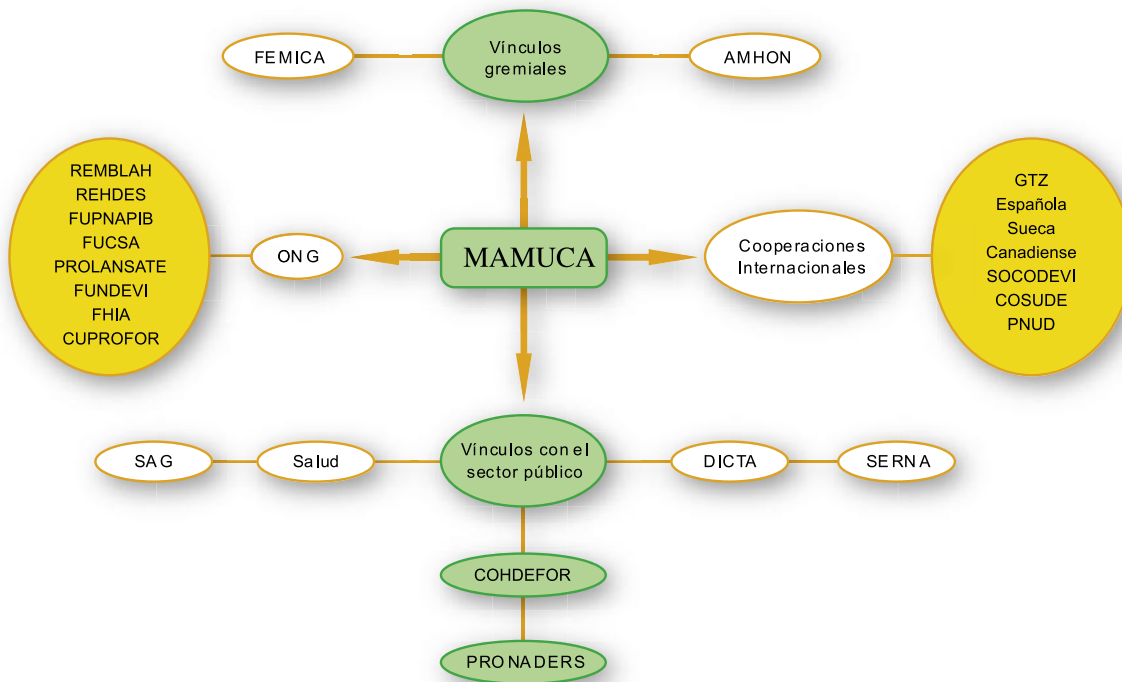


Figura 2. Vínculos de la MAMUCA con diversos sectores
Fuente: Díaz (2004)

La gestión ambiental mancomunada como eje transversal a la gestión del riesgo
La agricultura de subsistencia, la extracción y venta ilegal de madera, la expansión de la frontera agrícola y el desarrollo inadecuado de la ganadería son causas de la degradación ambiental en el territorio de la Mancomunidad. En su gestión ambiental, esta entidad ha establecido vínculos con instituciones gubernamentales y no gubernamentales mediante alianzas y convenios (Fig. 2). La gobernabilidad de los recursos naturales conduce hacia un proceso participativo liderado por las autoridades locales, gestionado por las Unidades Municipales Ambientales (UMA) vinculadas con la Unidad Técnica Intermunicipal (UTI). La UTI participa de las actividades de ONG ambientalistas que coordinan los planes de manejo en sus áreas de influencia. El enfoque de manejo de cuencas hidrográficas se considera

como componente esencial en la gestión ambiental en estos municipios que comparten una red de drenajes, cuencas bimunicipales y condiciones socioeconómicas similares.

Algunos de los logros concretos en el componente ambiental son: análisis hidrológico de cuencas; organización de la Asociación de Juntas de Agua representada por las Juntas de Agua de cada municipio; capacitación en materia de gestión de agua y saneamiento; uso de fondos de la Cooperación Suiza para ejecutar el *Proyecto Gestión Integral del Recurso Agua en la Cuenca Hidrográfica del Río San Juan, Costa Norte, Honduras*; aumento de las capacidades técnicas ambientales con los técnicos de los proyectos que llegan al área para trabajar junto con las UMA; evaluación y saneamiento de los sistemas de agua potable; programas de reforestación ejecutados por las UMA con apoyo de las escuelas y colegios de los diferentes municipios.

Potencial de la MAMUCA en la gestión local del riesgo

Los proyectos y estudios de carácter ambiental realizados en la MAMUCA marcan pautas para la definición de políticas ambientales que favorecen la gestión del riesgo y sirven de base no sólo para la toma de decisiones, sino también para reformular planes y actualizar datos. Estas experiencias adquiridas deben ser sistematizadas e integradas en una base de datos que oriente la formulación de estrategias de desarrollo. Hoy se cuenta con una población con conocimientos básicos y organizada, capaz de dar respuesta en el momento en que la emergencia se manifiesta. Esta base organizacional debe aprovecharse para impulsar los diferentes ejes de desarrollo de la Mancomunidad. Además, la MAMUCA tiene capacidades para promover la formación de organizaciones como los comités de microcuencas, conse-

jos de microcuencas, consejo de ordenamiento territorial y un departamento de gestión del riesgo en la Mancomunidad. La Ley de Municipalidades en Honduras (decreto N° 134-90) otorga a los municipios la potestad para formar asociaciones que impulsen su desarrollo; tal es el caso de la reciente Ley de Ordenamiento Territorial que concede a las mancomunidades la autoridad para formar Consejos de Ordenamiento Territorial, el cual es un canal de comunicación con los niveles departamentales y nacionales.

En materia de gestión del riesgo, el SAT es el canal de comunicación entre las comunidades de las cuencas, las municipalidades y comunidades de otras cuencas.

Las tres oportunidades principales señaladas en el FODA (Cuadro 1) que tienen los municipios al estar mancomunados para la gestión del riesgo son: a) posibilidad de solicitar financiamiento (nacional e internacional); b) organización de la sociedad; c) mejor gestión ambiental. Estas oportunidades se ven limitadas por la falta de capital financiero y económico (debilidades según el FODA), que amenaza la misión para la cual se constituyó la Mancomunidad.

El Cuadro 2 sugiere elementos claves y posibles estrategias para la gestión de riesgo en la MAMUCA, obtenidos del análisis general de la situación que permite hacer recomendaciones como estrategia de desarrollo. Entre ellos se destacan:

excluir la política partidista de los procesos de desarrollo; dar prioridad a la participación ciudadana en la toma de decisiones, planificación y ejecución; garantizar la representatividad de todos los sectores de la Mancomunidad; considerar a los aspirantes a alcaldes para socializar la Mancomunidad como estrategia; asegurarse de que los municipios socios inviertan y participen equitativamente en las actividades y decisiones para el sostenibilidad; fortalecer las organizaciones existentes y las capacidades locales; dar a conocer los planes y proyectos; tomar en consideración el enfoque de género y establecer una estructura de gestión del riesgo que abarque toda la Mancomunidad.

Cuadro 1.
Análisis FODA sobre la gestión del riesgo a desastres naturales en la MAMUCA

| Fortalezas | Oportunidades |
|---|---|
| 1. Cinco municipios asociados mediante la modalidad de Mancomunidad (MAMUCA). | 1. Los cinco municipios asociados tienen mayor fortaleza para la gestión ante la cooperación nacional e internacional, así como el apoyo mutuo para el diseño de proyectos locales y regionales. |
| 2. Existencia de políticas que impulsan la organización comunitaria e intermunicipal. | 2. La comunidad organizada se apropia de los proyectos promovidos por la MAMUCA. |
| 3. Empoderamiento de la política ambiental. | 3. Se desarrolla una cultura ambiental en las comunidades de la región. |
| 4. Existencia de una red de UMA debidamente organizadas y con una panorámica regional de la problemática ambiental. | 4. Fácil acceso para la gestión de proyectos ambientales y de gestión del riesgo, mayor cobertura en la región para la atención de los problemas ambientales, acceso a capacitación por parte de ONG, gobierno central y cooperación internacional. |
| 5. Actividades de MAMUCA que incluyen programas de protección de los recursos naturales de la región: microcuencas, protección del corredor biológico. | 5. Desarrollo de la región en el marco de un ordenamiento espacial sostenible. |
| 6. Políticas de apoyo a los Comités de Emergencias y la existencia de un Sistema de Alerta Temprana impulsado por la MAMUCA. | 6. Una comunidad organizada responde oportunamente a la ocurrencia de una amenaza; prevención de posibles catástrofes naturales. |
| 7. Existencia de cierta logística en algunos municipios de la Mancomunidad: motocicletas, vehículos, equipo electrónicos (computadora, GPS, altímetros, videograbadora y cámara digital). | 7. Mayor capacidad de respuesta ante eventos de emergencias en la MAMUCA; herramientas para desarrollar diagnósticos en diferentes contextos en los municipios. |
| Debilidades | Amenazas |
| 1. La cooperación limitada de los gobiernos locales que conforman la Mancomunidad. | 1. Un cambio de gobierno local (influencia política en forma negativa) que apoye el seguimiento a la organización conformada. |
| 2. Escasez de medios de comunicación para tener mayor cobertura y divulgación de los logros e iniciativas en el desarrollo de la zona. | 2. Debilitamiento de la participación ciudadana lograda a la fecha. |
| 3. Bajo presupuesto que limita el desarrollo de los proyectos perfilados. | 3. Una imagen de incumplimiento de los objetivos de creación de la MAMUCA ante la comunidad. |
| 4. Falta de recursos humanos y capacitación para los ya existentes. | 4. Ausencia de objetividad en los proyectos propuestos y por diseñar. Cambio de gobierno local e intervención política. |
| 5. Incumplimiento de los programas de desarrollo. | 5. Desmotivación para el seguimiento de los proyectos impulsados; retiro de apoyo a los nuevos proyectos propuestos por la MAMUCA. |
| 6. Falta de aplicación general del ambiente y de las ordenanzas locales que protegen los recursos naturales de los municipios, por el poco apoyo que brindan las autoridades competentes. | 6. Aumento de vulnerabilidad ambiental por el avance de la agricultura migratoria y de la deforestación en las zonas que se protegen. |

Cuadro 2.
Elementos claves y posibles estrategias para la gestión del riesgo en la MAMUCA (continúa...)

| Elementos claves | Análisis | Estrategias |
|--------------------------------|---|--|
| Manejo de cuencas | Existe un conocimiento del manejo de cuencas dentro de la gestión del riesgo, pero en la praxis el enfoque es débil. | <p>Insertar el tema de cuenca hidrográfica en los programas de capacitación y dirigirlo hacia todos los niveles (autoridades locales, instituciones en general y sociedad civil).</p> <p>Desarrollar la planificación ambiental bajo el enfoque manejo integrado de cuencas. Intervenir las cuencas de la zona, priorizando las áreas críticas y frágiles para reducir la vulnerabilidad a inundaciones.</p> <p>Crear comités de microcuencas para canalizar el capital social existente y como parte de un proceso hacia la formación de un comité de cuencas, que enlace y sirva de comunicación entre las comunidades aguas arriba y aguas abajo y los niveles involucrados en el manejo de la cuenca.</p> <p>Profundizar en las acciones que fortalezcan las capacidades de los productores y la población rural de las principales cuencas, para que hagan frente a los desastres naturales.</p> |
| Ordenamiento territorial | Ausencia de planes municipales de ordenamiento territorial, que permitan un desarrollo ordenado y consecuente con la sostenibilidad y reduzcan los niveles de vulnerabilidad. | <p>Unificar institucionalmente la visión sobre el ordenamiento territorial para lograr homogeneidad en la planificación y en el marco jurídico.</p> <p>Dar prioridad al ordenamiento territorial, uso del suelo y manejo ambiental, que incluya el riesgo como variable de políticas sectoriales en lo económico y social con el fin de reducir la vulnerabilidad.</p> <p>Formular normas a nivel local para el ordenamiento y desarrollo territorial.</p> <p>Elaborar planes municipales de ordenamiento territorial basados en mapas básicos de zonificación del riesgo y con participación ciudadana.</p> <p>Incluir en el ciclo de los proyectos el componente de ordenamiento territorial para conocer la exposición de las condiciones de seguridad frente a las amenazas.</p> <p>Capacitar para sensibilizar a todos los sectores del municipio respecto al ordenamiento territorial y su importancia para la gestión del riesgo.</p> <p>Desarrollar el ordenamiento territorial con los instrumentos nacionales y regionales, pero articulado a la realidad local de los municipios.</p> |
| Planificación | Existe información técnica científica no aprovechada en los planes, programas y proyectos que deben considerar el factor riesgo en su planificación y ejecución. | <p>Hacer un análisis del riesgo municipal que ayude a identificar los diferentes escenarios de riesgo y considerarlos en las planificaciones del desarrollo municipal.</p> <p>Integrar los planes de gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial del municipio.</p> <p>Elaborar a nivel de Mancomunidad un marco estratégico para la reducción de la vulnerabilidad.</p> <p>Definir las competencias sectoriales y locales e involucrarlas en la planificación del desarrollo municipal para evitar acciones aisladas.</p> <p>Confinar algunas obras priorizadas para la reducción del riesgo.</p> |
| Institucionalidad | Hay una base organizacional, marco jurídico e instrumentos que necesitan ser coordinados para aprovechar ese potencial. | <p>Desarrollar conciencia institucional sobre la necesidad de introducir la gestión del riesgo como componente de las políticas de desarrollo.</p> <p>Fortalecer los departamentos municipales que tienen relación directa en análisis e investigación que se requiere en la toma de decisiones de la gestión del riesgo.</p> <p>Hacer un análisis comparativo del marco jurídico para identificar vacíos e oportunidades para mejorar la gestión del riesgo.</p> <p>Emitir ordenanzas municipales para la protección de los recursos naturales y restricción de uso de sitios en riesgo.</p> <p>Insertar una política de coordinación interinstitucional para la reducción del riesgo.</p> <p>Incluir en las políticas públicas locales medidas de prevención y mitigación, que contemplen diversos sectores y actividades sociales causantes del riesgo local.</p> |
| Organización y capacidad local | Las municipalidades, instituciones locales y sociedad civil han desarrollado capacidades en la gestión del riesgo; la organización puede mejorar si se reducen las acciones centralizadas y se fortalece el aspecto financiero. | <p>Capacitar al personal de salud en los municipios para la atención de emergencias por inundaciones.</p> <p>Mantener la estabilidad laboral del recurso humano capacitado por encima de los intereses partidistas, para evitar fuga del potencial humano.</p> <p>Potenciar las capacidades locales de las comunidades de alto riesgo para que asuman la gestión local de su riesgo.</p> <p>Fortalecer la capacidad comunal para incidir en los gobiernos locales y organismos del gobierno central.</p> <p>Capacitar mediante metodologías participativas sobre el manejo sostenible de los recursos naturales y su relación con la prevención a amenazas.</p> <p>Utilizar la Mancomunidad como mecanismo para fortalecer las estructuras organizativas comunitarias y municipales; promover la coordinación con las regionales y nacionales para canalizar actividades en pro de la gestión del riesgo.</p> |

Cuadro 2.

Elementos claves y posibles estrategias para la gestión del riesgo en la MAMUCA (continuación)

| Elementos claves | Análisis | Estrategias |
|----------------------------|---|--|
| Financiero | Con la Mancomunidad se incrementó la capacidad de gestión de fondos nacionales e internacionales, pero a nivel de municipios hay limitaciones económicas. | Crear fondos municipales para ejecutar proyectos específicos de reducción a la vulnerabilidad local. |
| | | Destinar fondos para la compra de equipos pequeños de prevención para las comunidades de alto riesgo. |
| | | Orientar fondos a la ejecución de obras de mitigación en las comunidades afectadas por inundaciones. |
| Sistema de alerta temprana | Esta es una herramienta aceptada socialmente porque su base es la organización comunitaria y los costos de implementación y sostenibilidad son bajos. | Crear conciencia en la población sobre el SAT como medida de prevención para evitar la pérdida de vidas humanas; promover el involucramiento en la gestión ambiental y en las medidas de prevención. |
| | | Implementar el manejo de cuencas para reducir el tiempo de ocurrencia e impacto de las inundaciones. |
| | | Establecer algún tipo de incentivo para las poblaciones de la parte alta que prestan sus servicios al SAT, pero que no perciben iguales beneficios en la ejecución de los planes de emergencias. |
| | | Utilizar el recurso humano ya capacitado en los municipios sobre el manejo de desastres para seguir creando nuevas capacidades locales. |
| | | Usar el SAT para abordar más tipos de riesgos y no solamente el de inundaciones. |

Conclusiones

Los municipios del Centro de Atlántida, con la estrategia de mancomunarse, han fortalecido la gestión del riesgo en forma integral mediante diversos proyectos que han impulsado el desarrollo de infraestructura y mejoras ambientales y socioeconómicas. Los municipios, las municipalidades y la población tienen ahora mayor capacidad para reducir y prevenir los efectos de las inundaciones y mayor conocimiento sobre los desastres naturales.

Con la Mancomunidad, los municipios han logrado poco a poco mayor ingerencia política nacional e internacionalmente, lo que se evidencia en la posibilidad de conseguir recursos financieros y participar en trabajos conjuntos con instituciones gubernamentales y no gubernamentales. Los resultados alcanzados por medio de la Mancomunidad sugieren la necesidad de fortalecerla e impulsarla como alternativa de desarrollo equitativo para los municipios y como modelo de estrategia para la gestión del riesgo en municipios con características similares.

Las mayores oportunidades de desarrollo promovidas por la MAMUCA se reflejan en una sociedad mejor organizada y con mayores recursos físicos y humanos para la gestión ambiental. La influencia político partidista, la poca participación de la sociedad civil en la mancomunidad y los bajos ingresos económicos de los municipios son puntos críticos que deben ser analizados para fortalecer la MAMUCA como estrategia sostenible de organización para la gestión del riesgo.

Algunas acciones, como la capacitación en prevención y mitigación del riesgo a desastres, así como la

organización y ejecución de un Sistema Intermunicipal de Alerta Temprana contra las inundaciones, evidencian los avances y gran potencial de esta forma de organización en la gestión del riesgo en su área de influencia. Diferentes proyectos para el fortalecimiento de estructuras locales han beneficiado a los municipios del Centro de Atlántida, donde estas experiencias son casos específicos que pueden servir de ejemplo y experiencias aprendidas para *mejorar la respuesta en la gestión del riesgo a nivel local y regional en Centroamérica* (Sánchez 2001). 🌱

Literatura citada

- CEAH (Centro de Estudios Ambientales de Honduras). 2004. Diagnóstico situacional de los municipios de la MAMUCA. Tegucigalpa, Honduras, CEAH. 145 p.
- BID (Banco Interamericano de Desarrollo); FEMICA (Federación Municipal del Istmo Centroamericano); CEPREDENAC (Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central). 2003. Municipios hondureños como ejemplos de éxito en prevención de desastres naturales. Guatemala. Consultado el 23 de agosto de 2004. <http://www.iadb.org/news/display/prview.cfm>
- Díaz, A. 2004. Manejo de cuencas y gestión del riesgo a desastres naturales, en el área de la Mancomunidad de los Municipios del Centro de Atlántida, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 187 p.
- Rodríguez, P. 2002. Evaluación de proyectos y triangulación: acercamiento metodológico hacia el enfoque centrado en el lector. Buenos Aires, AR. 100 p.
- Sánchez, R. 2001. Lecciones aprendidas en la gestión local del riesgo. Guatemala, Proyecto de Fortalecimiento de Estructuras Locales para la Mitigación de Desastres (GEMID). 51 p.

Riesgo de contaminación en aguas superficiales en la microcuenca La Soledad, Honduras¹

Alex Javier Cardona

acardona@catie.ac.cr

*Sección de Manejo de Cuencas
AFE COHDEFOR, Honduras*

Jorge Faustino

CATIE. faustino@catie.ac.cr

Francisco Jiménez

CATIE. fjimenez@catie.ac.cr

Sergio Velásquez

CATIE. svelasqu@catie.ac.cr

En la microcuenca existe un alto riesgo de contaminación de las aguas superficiales, lo cual, combinado con prácticas inadecuadas de cultivo, está causando limitaciones en el acceso al agua para uso humano debido a la alteración de su calidad. De acuerdo con la información analizada, el plaguicida más frecuentemente usado en los cultivos de la microcuenca es el Endosulfan.



Fotos: Alex Cardona.

¹ Basado en Cardona, AJ. 2003. Calidad y riesgo de contaminación de las aguas superficiales en la microcuenca del río La Soledad, Valle de Ángeles, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 158 p.

Resumen

Este estudio describe una metodología cualitativa para identificar las áreas donde el uso de pesticidas pone en riesgo de contaminación a las aguas superficiales en la microcuenca del río La Soledad, Honduras. Mediante un SIG se procesó y analizó la información primaria de campo y secundaria, con el fin de evaluar la intensidad de uso y destino ambiental de los plaguicidas usados. Así, se combinaron las variables seleccionadas hasta obtener un mapa de riesgo de contaminación. Para validar la metodología se analizó el agua para detectar pesticidas organoclorados. Los resultados indican un alto uso de plaguicidas; de hecho, el 60% del área evaluada presentó riesgos de contaminación de moderados a altos. Un patrón de uso atípico, relacionado con altas dosis y frecuencias de aplicación, el uso de productos altamente hidrofóbicos y un alto potencial erosivo del suelo fueron los factores que más influyeron en el riesgo de contaminación. El mapa de riesgo obtenido fue congruente con los análisis de laboratorio. Se encontraron altas concentraciones de Endosulfan en el agua, las cuales exceden en 3183 veces el valor máximo admitido para agua potable y en 6,8 veces para toxicidad acuática. La metodología resultó efectiva para identificar áreas de riesgo como fuentes no localizadas de contaminación agrícola.

Palabras claves: Cuencas hidrográficas; recursos hídricos; agua superficial; polución del agua; residuos de plaguicidas; calidad del agua; río La Soledad, Honduras.

Summary

Contamination risk of surface water in La Soledad micro-watershed, Honduras. This study describes a qualitative methodology to identify areas where a higher risk of water contamination by pesticides is expected in La Soledad micro-watershed, Honduras. Through GIS analysis, the primary field information and secondary information obtained was processed and analyzed to evaluate the use intensity and environmental destiny of pesticides. The selected factors were combined at every location to obtain the contamination risk map. An analysis in sample water to detect organochlorine pesticides was done to validate the methodology. Results demonstrate a high use of plaguicidas. In fact, 60% of the study area showed a risk of contamination from moderate to high. An unusual use pattern, related to high doses and frequencies of application, extremely hydrophobic pesticides, and a high erosive potential of soil, were, apparently, the factors that most influenced the contamination risk. The risk map obtained matched the laboratory analysis. High concentrations of Endosulphan were detected in surface water, exceeding at least 3183 and 6,8 times the maximum threshold admitted for human consumption and aquatic toxicity, respectively. This methodology proves to be efficient to identify risk areas, such as non-focused agricultural sources.

Keywords: Watershed; water resources; superficial water; pollution of water; pesticide residues; water quality; La Soledad River, Honduras.

En Valle de Ángeles, Honduras, la producción hortícola es una importante actividad económica. Los productores aplican pesticidas de manera sistemática y excesiva, debido a la alta proliferación de insectos (Oyuela 1987), el desconocimiento del uso y manejo adecuado de pesticidas (Sandia *et al.* 1999) y el temor al rechazo del producto vegetal por parte del consumidor (Pomerleau 1998). Se han encontrado residuos

de pesticidas en el 13% de los vegetales listos para su comercialización en Tegucigalpa (CESCO 1997).

Las aguas superficiales no escapan al impacto de esta actividad, ya que los procesos de erosión y lixiviación dispersan los contaminantes. Así, los plaguicidas persistentes se asocian a partículas de suelo (Ongley 1997), mientras que los solubles se lixivian a través del suelo (Elliott *et al.* 2000). La posibilidad de que los ambientes acuá-

uticos sean contaminados depende de las propiedades físico-químicas de los pesticidas (Ongley 1997), del tipo de cultivo, la forma de preparar el suelo (Gardi 2001), la humedad del suelo, la pendiente (Rice *et al.* 2001), la capacidad de infiltración (Louchart *et al.* 2001) y obras de drenaje conectadas a fuentes de agua (Brevé *et al.* 1996, Hunt *et al.* 1999).

No obstante, la escorrentía es la forma más frecuente de transporte

de plaguicidas desde áreas agrícolas. Louchart *et al.* (2001) estiman que entre el 84% y 94% del peso anual de algunos herbicidas son removidos del suelo por el 10% de la escorrentía anual. En Valle de Ángeles, casi todas las áreas de cultivo son irrigadas y fumigadas intensamente, y por su proximidad a los cauces es probable que los residuos de plaguicidas contaminen las aguas superficiales de la microcuenca del río La Soledad.

La determinación del riesgo de contaminación por pesticidas es tarea compleja debido a su dinámica espacial y temporal. Los análisis de laboratorio son una forma usual de determinar pesticidas en el agua, pero su costo es elevado. Este estudio aplica una metodología cualitativa, mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), basada en la relación de las propiedades físico-químicas de los plaguicidas y características del suelo, la cual permite identificar áreas con 'riesgo de contaminación de aguas superficiales por pesticidas' (RICASP), y demostrar que un método cualitativo es suficiente para ubicar la distribución espacial del riesgo. Esta metodología puede contribuir a planificar el ordenamiento del uso hídrico para la toma de decisiones.

Metodología

El estudio se realizó en la microcuenca del río La Soledad, municipio de Valle de Ángeles, Honduras (Fig. 1). El área total de la microcuenca es de 4603 ha. El 95% del área es de vocación forestal y la cobertura boscosa alcanza el 71,7% (Cardona 2003). La temperatura media anual es de 18°C y la precipitación varía entre 1500 y 2500 mm anuales. La mayor parte de la microcuenca posee suelos bien drenados, de textura mediana y fina y estructura blocosa angular.

Para determinar el RICASP se tomaron en cuenta tres fuentes de datos: a) información suministrada por 29 productores hortícolas (100%) con áreas de cultivos mayo-

res a 0,25 ha, en cuanto a cantidad, tipo y frecuencia de aplicación de pesticidas; b) un modelo de elevación digital (MED) generado a partir de curvas de nivel digitalizadas de hojas cartográficas, en escala 1:50.000; c) una ortofoto georreferenciada de la microcuenca, año 2000 (Proyecto Mitigación a Desastres Naturales, CATIE-PMDN) y un sistema de posicionamiento global (SPG) para ubicar y digitalizar cada parcela cultivada. De información bibliográfica se obtuvieron los datos de las características físico-químicas de los pesticidas usados en la microcuenca (BCPC 1997). Se utilizó el SIG PC ArcView 3.3® para procesar, manejar y analizar la información. Las variables y factores seleccionados para determinar el RICASP permitieron analizar la intensidad de uso y destino ambiental de los plaguicidas (Cuadro 1). A cada factor se le asignó un peso cualitativo, según los criterios usados por el Ministerio Ambiental de Ontario, Canadá (MOE, por sus siglas en inglés). La Fig. 2 esquematiza los pasos metodológicos seguidos.

Los factores para determinar el patrón de uso fueron el índice de frecuencia (Cardona 2003) y exceso (Oyuela 1987) y un factor de correc-

ción. Los índices se definieron por la relación entre la frecuencia de aplicación recomendada (días) y la frecuencia utilizada, y la razón de la dosis empleada por aplicación entre la dosis recomendada y el tipo de cultivo. El destino ambiental de los pesticidas se determinó por las variables potencial de transporte, transferencia y emisiones tóxicas. El transporte de plaguicidas a través de suelo se determinó por la pendiente, permeabilidad del suelo y solubilidad del compuesto en agua.

La transferencia del contaminante al agua se determinó de acuerdo a la afinidad de los compuestos con partículas de suelo (coeficiente de partición octanol-agua) y el potencial erosivo del suelo, el cual se determinó mediante la metodología cualitativa de Sáenz *et al.* (1997).

El potencial de emisiones tóxicas se obtuvo a partir de un índice de degradabilidad del compuesto en el suelo y un factor de emisiones tóxicas (TEF, por sus siglas en inglés), modificado de Farr *et al.* (1996), el cual se basa en la toxicidad de los compuestos (LC_{50}) y su concentración en el efluente. Para este estudio, en lugar de efluentes, se consideró la cantidad diaria de pesticida (litros) usada por productor y proyectada

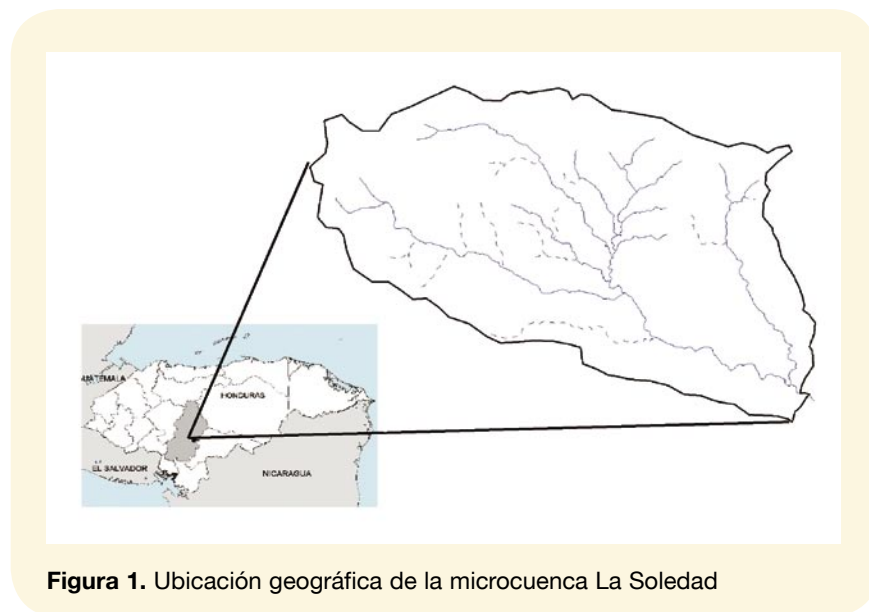


Figura 1. Ubicación geográfica de la microcuenca La Soledad

Cuadro 1.
Variables y factores para determinar el riesgo de contaminación agroquímica

| Variables | Factores | Descripción y criterio | Peso de variable | Álgebra de mapas y reclasificación | Peso reclasificación |
|--|---|---|-----------------------------------|---|-----------------------------|
| Patrón de uso (PU) | Índice de frecuencia (IF) (IF = Frec. recom/Frec. usada) FR y FU en días | Extremo (> 3,0) Alto (2,1-3,0) Moderado (1,1-2,0) Uso recomendado (0-2,0) Áreas sin evaluar | 10 7 4 1 0 | PU=IF+IE+φ | 10 7 4 0 |
| | Índice de exceso (IE) (IE = Dosis empl./Dosis recom.) | Extremo (> 3,0) Alto (2,1-3,0) Moderado (1,1-2,0) Uso recomendado (0-1,0) Áreas sin evaluar | 10 7 4 1 0 | | |
| | Factor de corrección por tipo de cultivo (φ) | Tomate; chile; repollo; papas; ayote; zanahorias; flores | 1,0; 0,9; 0,7; 0,5; 0,3; 0,2; 0,2 | | |
| Potencial transporte (Tp) | Grado de solubilidad del compuesto (Sb) | Extremadamente soluble (> 9,0) Altamente soluble (7,0-9,0) Moderadamente soluble (4,1-7,0) Ligeramente soluble (2,1-4,0) Insoluble (< 2,0) Áreas sin evaluar | 10 7 4 2 1 0 | Tp= (Prm+S)*Sb | 10 7 4 2 1 0 |
| | Pendiente (S) | Escarpado (> 75%) Muy fuerte (50,1-75%) Fuerte (30,1-50%) Moderada (15,1-30%) Suave (0-15%) | 10 7 4 2 1 | | |
| | Grado de permeabilidad del suelo (Prm) | Muy alta (> 8,0) Alta (5,1-8,0) Media (3,1-5,0) Baja (1,1-3,0) Muy baja (< 1) | 10 7 3 2 1 | | |
| Transferencia al medio (Tr) | Grado afinidad al suelo (K _{ow}) K _{ow} = Coeficiente de partición octanol-agua | Muy alta (> 5,0) Alta (3,6-5,0) Media (3,1-3,5) Baja (1,1-3,0) Muy baja (< 1) Áreas sin evaluar | 10 7 4 2 1 0 | Tr= K _{ow} *Ep | 10 7 4 2 1 0 |
| | *Potencial de erosión (Ep) | Muy alta Alta Media Baja Muy baja | 5 4 3 2 1 | | |
| | * Sáenz <i>et al.</i> 1997 | | | | |
| Potencial emisiones tóxicas (PET _{corr}) | Factor de emisiones tóxicas (TEF) | Muy alta (> 18,5) Alta (10,1-18,5) Media (4,6-10,0) Baja (4,1-4,5) Muy baja (0-4) Áreas sin evaluar | 10 7 4 2 1 0 | PET _{corr} =TEF* IDT ₅₀ | 10 7 4 2 1 0 |
| | Índice de degradabilidad (IDT ₅₀) | Muy baja (> 0,85) Ligera (0,6-0,85) Moderada (0,4-0,5) Alta (0,2-0,3) Extrema (<0,1) Área sin evaluar | 10 7 4 2 1 0 | | |

a la unidad superficial de 1 ha (l/ha/día); en este caso, considerada como fuente no puntual de contaminación. Así, la expresión que explica el TEF y adaptada al presente estudio, está dada por:

$$TEF=(LC_{50}/100)*[(N_d/FU)*((C_q*Bk*n_{bu})/1000)*(1/A_{pc})/365] \quad (1)$$

Donde: TEF= factor de emisiones tóxicas (unidades tóxicas diarias); LC₅₀= toxicidad acuática; N_d = No. total de días cultivados en el

año; FU= frecuencia de fumigación usada (días); C_q= concentración química por bomba en ml por litro de agua o g/l; Bk = capacidad de la

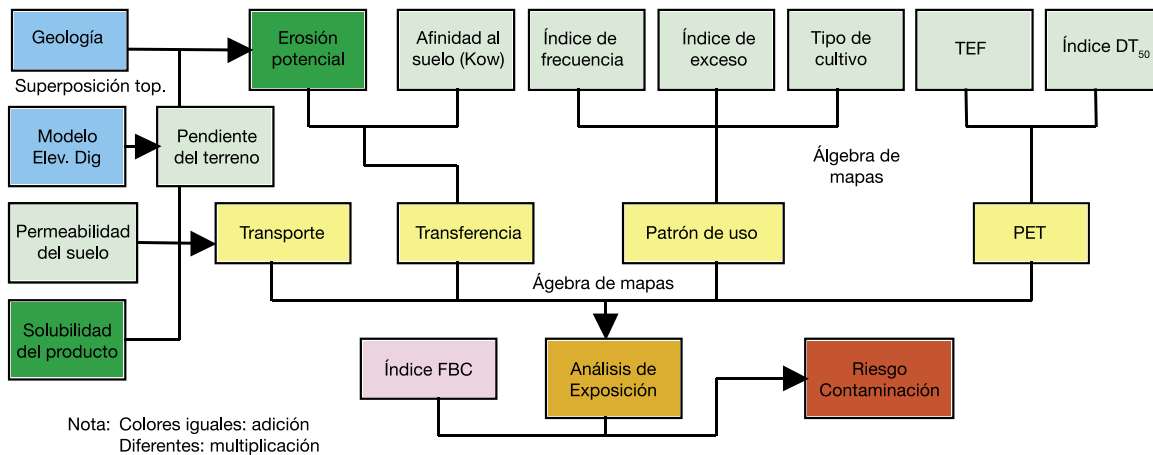


Figura 2. Diagrama general del proceso metodológico para calcular el riesgo de contaminación

bomba (l); n_{bu} = No. bombas por aplicación en la parcela; A_{pc} = área de cultivo (parcela).

Con el propósito de balancear la severidad o tolerancia del TEF, se le aplicó un índice de degradabilidad, definido por la relación de los valores de persistencia en el suelo, del i -ésimo compuesto y el pesticida más persistente; así, valores cercanos a 1 (uno) indicaron menor degradabilidad. La combinación de las cuatro variables anteriormente descritas mediante el procedimiento de álgebra de mapas de ArcView 3.3® determinó el análisis de exposición (AE). Adicionalmente, se definió un índice de bioacumulación (IFBC) a partir del factor de bioconcentración (FBC). Este índice resultó de la relación del FBC (del pesticida "x") y el valor máximo del FBC del plaguicida potencialmente más bioacumulativo en la cadena trófica. Pero antes, el FBC fue transformado a valores entre 0 y 10 para el cálculo del índice.

Las coberturas digitales resultantes del IFBC y el análisis de exposición se multiplicaron para obtener el RICASP. Cabe señalar que, en muchos casos, los coeficientes de las características físico-químicas de los pesticidas presentaron valores extremos, lo que dificultó promediar estos

Cuadro 2.

Criterios para normalizar las características físico-químicas de los pesticidas

| Característica físico-química | Descripción | Criterio para normalizar variables | Peso de variable normalizada |
|---|----------------|------------------------------------|------------------------------|
| Persistencia en el suelo (DT ₅₀) Fuente: UNA 1999 | Extrema | > 120 días | 10 |
| | Alta | 120 - 160 días | 7 |
| | Mediana | 60 - 30 días | 4 |
| | Ligera | 30 - 15 días | 2 |
| | No persistente | < 15 días | 1 |
| Coeficiente de Partición octanol-agua (K _{ow}) Fuente: OPS 1988. | Muy alto | > 5 log Kow | 10 |
| | Alto | 3,6 - 5,0 log Kow | 7 |
| | Mediano | 3,1 - 3,5 log Kow | 4 |
| | Bajo | 1,1 - 3,0 log Kow | 2 |
| | Muy bajo | < 1,0 log Kow | 1 |
| Toxicidad en peces (CL ₅₀) Fuente: MOE s.f. | Extrema | < 0,1 mg/l | 10 |
| | Alta | 0,1 - 10,1 mg/l | 7 |
| | Moderada | 10,0 - 100 mg/l | 4 |
| | Ligera | 100,1 - 1000 mg/l | 2 |
| | Baja | > 1000,1 mg/l | 1 |
| Solubilidad en agua Fuente: OPS 1988 | Extrema | > 10000 mg/l | 10 |
| | Alta | 10 - 10000 mg/l | 7 |
| | Moderada | 1 - 10 mg/l | 4 |
| | Baja | 1.01 - 1 mg/l | 2 |
| | Muy baja | < 0,01 mg/l | 1 |
| Factor de Bioconcentración (FBC) Fuente: UNA 1999 | Alta | > 1000 FBC | 10 |
| | Media | 100 - 1000 FBC | 7 |
| | Ligera | < 100 FBC | 2 |

para los diferentes pesticidas en cada parcela o polígono analizado.

Los valores respectivos se uniformizaron según se muestra en el Cuadro 2. Posteriormente, se adaptaron las áreas de riesgo identificadas a un índice de riesgo y se correlacionaron estadísticamente con cada variable para

evaluar su influencia individual en la dinámica de contaminación acuática por uso de pesticidas. Finalmente, para validar la metodología se realizaron análisis de muestras de agua para detectar plaguicidas organoclorados en dos puntos de muestreo durante la época seca y lluviosa.

Cuadro 3.

Resumen de uso de pesticidas en la microcuenca La Soledad, Honduras

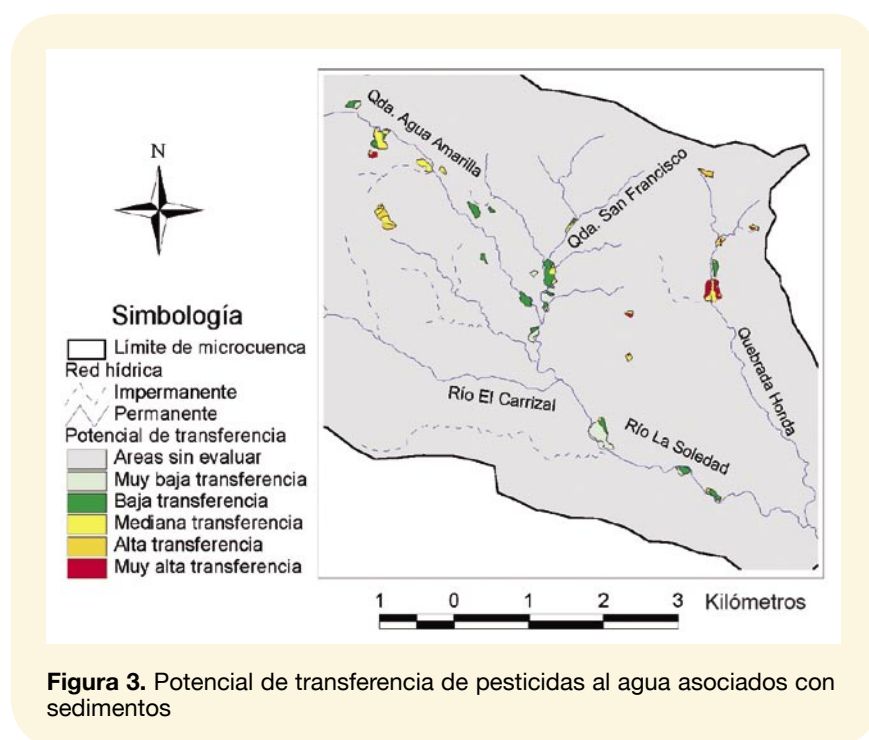
| Tipo pesticida | Área cultivada (ha) | Frecuencia aplicación (días) | Frecuencia aplicación recomendada (días) | Dosis empleada/bomba (g/l) | Dosis recomendada/bomba (g/l) | No. bombas por aplicación | Cantidad aplicada/parcela (l ó kg) | Cantidad/ha/año (l ó kg) | IF | IE* |
|-------------------------|---------------------|------------------------------|--|----------------------------|-------------------------------|---------------------------|------------------------------------|--------------------------|------------|------------|
| Insecticida | 0,9 | 9,3 | 15,4 | 3,0 | 1,2 | 27,5 | 1,4 | 52,7 | 1,7 | 2,4 |
| Fungicida | 0,9 | 6,3 | 8,0 | 5,6 | 3,6 | 30,4 | 3,2 | 147,9 | 1,3 | 1,6 |
| Herbicidas | 0,9 | 30,0 | 30,0 | 3,7 | 3,7 | 40,0 | 3,0 | 22,5 | 1,0 | 1,0 |
| Promedio general | 0,9 | 7,8 | 11,7 | 4,3 | 2,4 | 28,9 | 2,3 | 100,3 | 1,5 | 1,7 |

* Índice de exceso (adaptado de Oyuela 1987); IF= Índice de frecuencia

Resultados y discusión

Aproximadamente el 7,4% del área de la microcuenca es de uso agrícola, aunque solamente el 1% corresponde a cultivos hortícolas (46,6 ha). A pesar de ello, se evidencia un alto uso de pesticidas (Cuadro 3). En total, se identificaron 27 plaguicidas (la mayoría insecticidas) y en menor proporción fungicidas y herbicidas. Ninguno de los productores aplicó dosis menores a la recomendada. El índice de exceso más bajo fue 1,12 (ligeramente excedido), mientras que el máximo fue de 3,86 (casi tres veces más de lo especificado). Esta situación tiene que ver con el desconocimiento sobre el uso de pesticidas, ya que los productores distinguen muy bien los insectos, pero no los hongos ni las bacterias; por lo tanto, utilizan fungicidas indistintamente para tratar cualquier ataque.

En cuanto a la frecuencia, la mayor parte de los productores acortó los tiempos de aplicación en casi cuatro veces. Los productos más usados fueron: Endosulfan, Mancozeb, Cipermetrine y Profenophos. En cuanto al destino ambiental de los plaguicidas, solo el 11% del área evaluada resultó con un potencial de transporte contaminante alto a muy alto hacia cuerpos de agua receptores, lo cual tiene que ver con el uso limitado de pesticidas solubles: Methamidophos, Methomyl, Methalaxyl-M y Dimethoate. En contraste, se evidenció un uso acentuado

**Figura 3.** Potencial de transferencia de pesticidas al agua asociados con sedimentos

de productos con alta capacidad de asociación con partículas del suelo (hidrofóbicos); así, en áreas donde el potencial de erosión es alto, el potencial de transferencia de contaminantes al agua también es alto (Fig. 3). Entre los productos más hidrofóbicos identificados están Cypermethrin, Cyfluthrin, Thiaclopid-beta cyfluthrin, Diafentiuron y Endosulfan.

Se obtuvo un significativo potencial de emisiones tóxicas (51% del área), pero este efecto fue anulado posiblemente por una degradación rápida de los compuestos usados; debido a ello, el área con alto poten-

cial de emisión tóxica se redujo a un 30%. Sin embargo, la proximidad de los cultivos al cauce de los ríos (Fig. 4), combinado con riegos intensivos, sugiere que cantidades significativas de químicos llegan al agua antes de degradarse, lo que afecta la vida acuática.

El análisis de exposición indicó que casi el 58% del área estudiada presenta de media a muy alta exposición, lo cual sugiere que ocurre un proceso sistemático de contaminación por pesticidas en las fuentes superficiales de la microcuenca. De manera similar, el 60% del área

estudiada tuvo un riesgo de contaminación por pesticidas de moderado a muy alto (Fig. 5). Las fuentes más expuestas a riesgo de contaminación resultaron ser las quebradas San Francisco y Agua Amarilla. El riesgo se correlaciona con el uso de productos hidrofóbicos ($p < 0,01$), patrón de uso excesivo ($p < 0,001$) y un alto potencial de transferencia ($p < 0,02$) determinado por la erosión potencial del suelo. El riesgo identificado implica también riesgos de daños a la salud humana, ya que en la época seca varias familias de la microcuenca usan esta agua hasta para consumo humano.

En general, el índice potencial de contaminación fue medio (0,46); sin embargo, en varios puntos fue muy elevado (hasta de 0,82 en la partes baja de la microcuenca), lo que sugiere daños probables al ambiente acuático, principalmente a peces y crustáceos.

En general, el índice potencial de contaminación fue medio (0,46); sin embargo, en varios puntos fue muy elevado (hasta de 0,82 en la partes baja de la microcuenca), lo que sugiere daños probables al ambiente acuático, principalmente a peces y crustáceos. Los resultados de esta metodología fueron congruentes con los obtenidos mediante análisis de laboratorio para determinar pesticidas organoclorados en el agua.

En los dos sitios de muestreo (quebradas Agua Amarilla y San Francisco) y en las dos épocas de



Figura 4. Cultivos hortícolas junto a fuentes de agua

Foto: Alex Cardona.

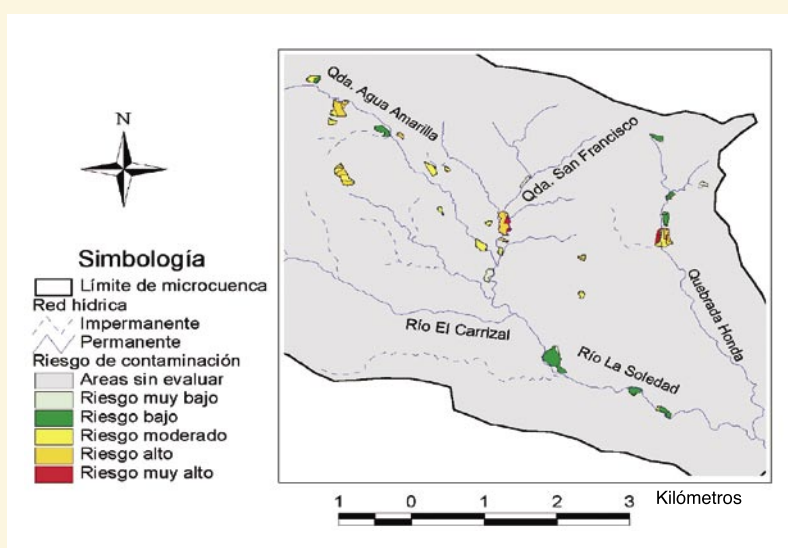


Figura 5. Ubicación de los cultivos con relación al cauce principal y nivel de riesgo potencial de contaminación por uso de pesticidas en las fuentes superficiales de agua de la microcuenca La Soledad

muestreo se detectaron plaguicidas en el agua, aunque la quebrada San Francisco fue la más afectada (Fig. 6). Se encontraron tres compuestos: Aldrin, Lindano® (ingrediente activo Beta-BHC) y Endosulfan; este último en concentraciones muy altas durante la época seca, pues excedió en 3183 veces el valor máximo admitido en agua para consumo humano

y 6,8 veces el umbral de toxicidad permitido para peces en aguas superficiales (BCPC 1997).

A pesar de su insolubilidad en agua, la presencia de Endosulfan probablemente se asocia con las obras de drenaje en las parcelas conectadas directamente al cauce y al bajo caudal observado en la quebrada. Por ello, en la época lluviosa no fue-

ron detectados, excepto el Lindano® (ingrediente activo Beta-BHC) en concentraciones apenas admisibles.

Conclusiones

En la microcuenca existe un alto riesgo de contaminación de las aguas superficiales, lo cual, combinado con prácticas inadecuadas de cultivo, está causando limitaciones en el acceso al agua para uso humano debido a la alteración de su calidad. De acuerdo con la información analizada, el plaguicida más frecuentemente usado en los cultivos de la microcuenca es el Endosulfan, confirmado en los análisis de laboratorio a muestras de agua. Se encontraron residuos de este compuesto en cantidades muy significativas, lo que sugiere que la producción hortícola está causando impactos negativos en la calidad del agua de la microcuenca.

Esta metodología cualitativa demostró ser una herramienta ver-

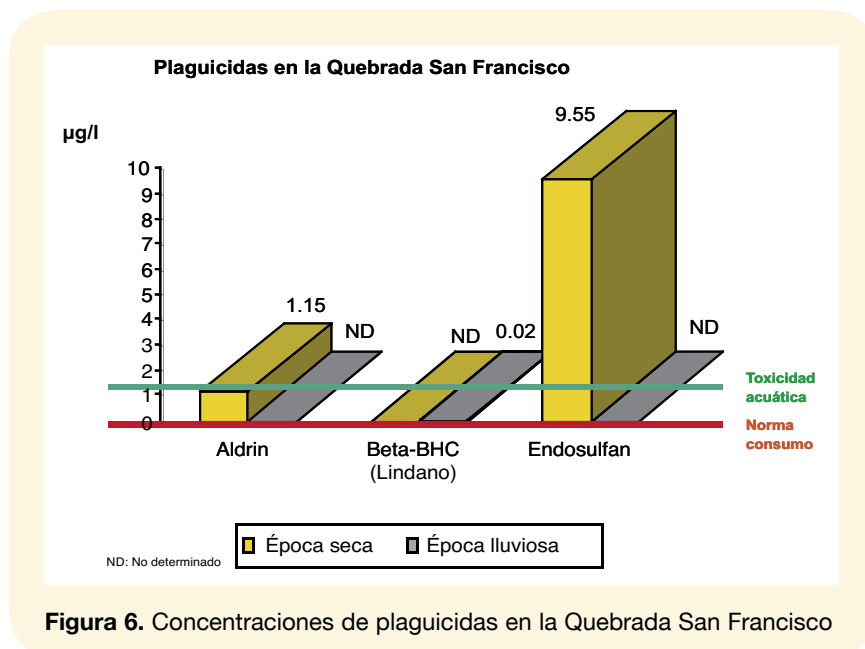


Figura 6. Concentraciones de plaguicidas en la Quebrada San Francisco

sátil y suficiente para identificar y analizar espacialmente las áreas indicadoras de riesgos de contaminación acuática en zonas asociadas a culti-

vos hortícolas. La metodología puede adaptarse o modificarse de acuerdo con las condiciones o características biofísicas de cada microcuenca. 🌱

Literatura citada

- BCPC (British Crop Protection Council). 1997. The pesticide manual. 11 ed. CDS Tomlin, UK. 1606 p.
- Brevé, M; Skaggs, W; Gilliam, W. 1996. Efectos del drenaje agrícola en la hidrología y calidad de aguas. *Aqua Internacional* 5 (12):17-20.
- Cardona, AJ. 2003. Calidad y riesgo de contaminación de las aguas superficiales en la microcuenca del Río La Soledad, Valle de Angeles, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 158 p.
- CESSCO (Centro de Estudios y Control de Contaminantes). 1997. Informe de residuos de plaguicidas en hortalizas distribuida en mercados y supermercados de Tegucigalpa y Comayagua. Monografía. CESSCO-IISE (Instituto de Investigaciones Socioeconómicas). Tegucigalpa, HN. 33 p.
- Elliott, JA; Cessna, AJ; Nicholaichuk, W; Tollefson, LC. 2000. Leaching rates and preferential flow of selected herbicides through tilled and untilled soil. *Journal Environment of Quality* 29:1650-1656.
- Farr, GD; Pinder KL; Galloway, LR. 1996. Toxic Emission Factor determination using median lethal time data. *Bulletin Environmental Contamination and Toxicology* 57:236-241.
- Gardi, C. 2001. Land use, agronomic management and water quality in a small Northern Italian watershed. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 87:1-12.
- Hunt, JW; Anderson, BS; Phillips, BM; Tjeerdema, RS; Pucket, HM; Vlaming, V. de. 1999. Patterns of aquatic toxicity in an agriculturally dominated coastal watershed in California. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 75:75-91.
- Louchart, X; Voltz, M; Andrieux, P; Moussa, R. 2001. Herbicide transport to surface at field and watershed scales in a mediterranean vineyard area. *Journal Environmental of Quality* 30:982-991.
- MOE (Monitoring Ontario Environment). s.f. Sistema de evaluación de contaminantes ambientales (en línea). Consultado el 09-08-2003. www.unitar.org/cwm/prtr/pdf/cat2/cap_IV.pdf
- Ongley, ED. 1997. Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. Roma, Italia. 116 p. (Estudio FAO Riego y Drenaje 55).
- OPS (Organización Panamericana de la Salud). 1998. Curso de autoinstrucción en evaluación de riesgos. Consultado el 25-09-2003. www.cepis.ops-oms.org/tutorial/ambientales/anexo4.html
- Oyuela, DO. 1987. Los sistemas de producción agrícola y la determinación de posibles fuentes de contaminación en la subcuenca del Río Guajire, cuenca Río Guacerique, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 187 p.
- Pomerleau, T. 1998. Producción y comercialización de hortalizas orgánicas para el área metropolitana de Honduras. Proyecto de Apoyo a la Gestión Sostenible de los Recursos Naturales en Honduras, Tegucigalpa, HN. 95 p.
- Rice, PJ; McConnell, LL; Heighton, LP; Sadeghi, AM; Isensee, AR; Teasdale, JR; Abdul-Baki, AA; Harman-Fetcho, A; Hapeman, CJ. 2001. Runoff loss pesticide and soil: a comparison between vegetative mulch and plastic mulch in vegetable production systems. *Journal Environmental of Quality* 30:1808-1821.
- Sáenz, F; Shultz, S; Hyman, G. 1997. Uso de un Sistema de Información Geográfica (SIG) en la identificación de degradación de tierras y recursos hídricos. *Revista Forestal Centroamericana*. 18(18-22).
- .Sandia, LA; Cabeza, M; Arandia, J; Bianchi, G. 1999. Riesgos sobre la salud asociados a las actividades agrícolas: un caso de estudio de la geografía rural. *Revista Geográfica Venezolana* 40(2):281-295.
- UNA (Universidad Nacional Autónoma). 1999. Manual de plaguicidas: guía para América Central. 2 ed. Heredia, CR, Universidad Nacional-Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas. 395 p.

Implementación de proyectos y programas de desarrollo en la subcuenca del río Jucuapa, Matagalpa, Nicaragua¹

Luis Urbina
lurbina@catie.ac.cr
Francisco Jiménez
CATIE. fjimenez@catie.ac.cr



Los gobiernos municipales y los proyectos que trabajen con el enfoque de cuencas deben buscar los elementos integradores que permitan la participación de todas las instituciones y proyectos en la subcuenca del río Jucuapa.



Fotos: Luis Urbina.

¹ Basado en Urbina, LM. 2003. Sistematización de las metodologías de ejecución en las instituciones, organizaciones y proyectos que inciden en la subcuenca del río Jucuapa, Matagalpa, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 196 p.

Resumen

Se realizó un estudio de sistematización de las metodologías que diferentes instituciones, organizaciones y proyectos emplean con las familias productoras en la subcuenca del río Jucuapa, Matagalpa, Nicaragua. El estudio buscaba determinar los elementos claves de las metodologías que inciden sobre el quehacer institucional, así como conocer la percepción de los profesionales y productores. Las organizaciones seleccionadas fueron: FUMDEC, Movimiento Comunal de Matagalpa, CATIE/Focuecas, Colectivo de Mujeres de Matagalpa, Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria y FISE-ALMAT. Se hicieron entrevistas y encuestas a productores y profesionales y talleres con productores. Entre los principales elementos encontrados están: poca coordinación e integración interinstitucional, problemas relacionados con aspectos políticos, poca aplicación del enfoque de género, poco conocimiento del enfoque de cuencas, poca comunicación en todos los niveles, poca satisfacción de las familias productoras de la subcuenca con el quehacer institucional. Las percepciones difieren mucho entre beneficiarios y no beneficiarios de las instituciones, lo cual es un indicador del bajo nivel de extensión alcanzado por estas instituciones en la subcuenca. Con el análisis de los elementos encontrados se elaboró una propuesta metodológica para sistematizar las experiencias de los proyectos de desarrollo, así como algunas características que deben tener los futuros proyectos en la zona.

Palabras claves: Ordenación de cuencas; cuencas hidrográficas; recursos hídricos; proyectos de desarrollo; instituciones sociales; participación comunitaria; río Jucuapa, Nicaragua.

Summary

Implementation of projects and programs of development in the sub-watershed of the river Jucuapa, Matagalpa, Nicaragua. The study was carried out in Jucuapa sub-watershed, Matagalpa, Nicaragua to evaluate methodologies used by projects and organizations that work with producer families. The study tried to determine the key elements of methodologies that influence on the performance, and the perceptions of professionals and producers, as well. Selected organizations were: FUMDEC, Movimiento Comunal de Matagalpa, Programa Campesino a Campesino, CATIE/Focuecas, Colectivo de Mujeres de Matagalpa, Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria y FISE-ALMAT. Techniques employed were surveys and interviews to producers and professionals, and workshops with producers. Among the principal results were: lack of inter-institutional coordination and integration, political problems, lack of emphasis on gender issues, watershed focus not well-known, lack of communication among stakeholders, producer families not satisfied with organizations working in the sub-watershed. Beneficiaries and non-beneficiaries perceive differently the work of organizations; that is an indicator of problems in the outreach performance of organizations. A methodological proposal was designed to systematize the development projects experiences; key aspects that type of projects must cover are also outlined.

Keywords: Watershed management; watershed; water resources; development projects; social institutions; community participation; Jucuapa River, Nicaragua.

Introducción

En las últimas décadas, diferentes instituciones, organizaciones y organismos internacionales han implementado una cantidad considerable de proyectos en diversos sitios de Nicaragua, entre los que destaca la subcuenca del río Jucuapa en el departamento de Matagalpa. Estas entidades y proyectos han generado valiosas experiencias; sin embargo, debilidades en el proceso de seguimiento y evaluación han dificultado percibir el alcance de los impactos deseados en los beneficiarios y socios de las acciones. Se han cometido (y se siguen cometiendo) errores por la falta de una metodología de análisis que ofrezca elementos tangibles para redirigir y orientar los procesos de ejecución de los proyectos hacia el cumplimiento de sus metas e impactos deseados y, además, permitir a nuevos proyectos capitalizar las experiencias y no cometer los mismos errores.

Esta investigación se planteó con los objetivos de: 1) identificar los elementos relevantes que han influido en el actuar de las instituciones, organizaciones y proyectos; 2) proponer una metodología para el análisis y sistematización de las experiencias y elaborar una propuesta de las características que los proyectos locales deben tomar en cuenta para orientar mejor sus actividades y 3) recabar opiniones de los actores locales y familias productoras sobre el actuar de las diferentes entidades en la subcuenca.

Metodología

La subcuenca de río Jucuapa tiene una extensión de 40,5 km² y drena sus aguas en el río Grande de Matagalpa. Se ubica entre las coordenadas 12°50' y 12°53' Norte y 86°02' y 85°53' Oeste. La temperatura media anual oscila entre 23°C en la zona alta y 30°C en la zona baja (Vallecillo *et al.* 2001). La cuenca presenta fuertes pendientes



Vista panorámica en la subcuenca del río Jucuapa, Nicaragua

Foto: Luis Urbina.

y serranías vulnerables a deslizamientos de tierra (Díaz y Gómez 2001). La quema de rastrojos y la falta de medidas de conservación del suelo han provocado el deterioro del mismo; muchos productores continúan quemando y no construyen obras de conservación de suelos y agua (Acevedo 2002).

En la subcuenca hay ocho comunidades pertenecientes a los municipios de Matagalpa y Sébaco. La mayor parte de las familias se aseguran el sustento sembrando granos básicos, aunque complementan el ingreso económico familiar con la venta de mano de obra en el beneficiado de café, trabajo en cafetales, viveros, etc. Muchas familias migran a sitios donde alquilan la tierra, cultivan en el periodo de postretera y luego que obtienen la cosecha, regresan a su lugar de origen. Una parte de la cosecha la utilizan para el autoconsumo familiar y el resto lo comercializan.

La investigación se realizó durante seis meses con permanencia en las comunidades y el entorno institucional. Las fases del estudio fueron: revisión de información secundaria;

reconocimiento del área; entrevistas preliminares: selección de informantes claves, entrevistas a productores de la subcuenca, a técnicos y responsables de instituciones que tienen influencia en la zona; aplicación de encuestas a productores y productoras de la subcuenca, a extensionistas y responsables de instituciones; taller con productores beneficiarios de las diferentes instituciones, organizaciones y proyectos de la subcuenca; sistematización y procesamiento de la información secundaria y primaria obtenida en el campo; análisis de resultados y preparación del informe final. Las fuentes de información primaria fueron las siguientes: 29 entrevistas semiestructuradas (Geilfus 1997) a informantes claves, 11 entrevistas a profesionales, 147 encuestas a familias productoras de la subcuenca, 16 encuestas a profesionales, talleres con familias productoras. Los tipos de análisis realizados fueron: análisis de frecuencia, resumen de elementos claves y análisis multivariado de correspondencia, para el caso de encuestas a profesionales y familias productoras.

Cuadro 1.

Entidades, programas y proyectos que tienen incidencia en la subcuenca del río Jucuapa

| Institución/Organización | Rol de la institución/Organización y ámbito de acción |
|--|---|
| Programa Campesino a Campesino (PCaC) | Desarrolla un programa de agricultura sostenible en laderas y atiende a pequeños productores (familias campesinas). |
| Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) | Institución estatal responsable de programas de transferencia de tecnología y asistencia técnica en diferentes modalidades. |
| CATIE/ Programa Focuecas I | Proyecto PostMitch de fortalecimiento de la capacidad local para el manejo de cuencas y la reducción de la vulnerabilidad a desastres naturales. |
| FUMDEC | Asociación de mujeres sin fines de lucro; promueve la educación, facilita créditos y asistencia técnica. |
| Colectivo de Mujeres de Matagalpa (CMM) | Asociación de mujeres sin fines de lucro; promueve educación, organización y brinda atención en salud preventiva y reproductiva y asesoría legal; desarrolla proyectos y brinda capacitación. |
| Movimiento Comunal de Matagalpa (MCM) | Desarrolla actividades en conjunto con la Alcaldía Municipal para el mejoramiento de las condiciones de vida de la población y la organización comunitaria. |
| FISE-ALMAT | Ejecuta proyectos de infraestructura, supervisa los proyectos cofinanciados en coordinación con la Unidad Técnica Municipal del municipio de Matagalpa. |

Resultados y discusión

Las entidades analizadas que tienen incidencia en la subcuenca del río Jucuapa se presentan en el Cuadro 1.

Elementos relevantes que influyen en el actuar de las instituciones, organizaciones y proyectos

Los principales problemas institucionales encontrados, según la percepción de los informantes claves, se presentan en el Cuadro 2. Entre ellos destacan la poca coordinación interinstitucional y la falta de organización formal en la subcuenca. La mayoría de los entrevistados expresó que la organización es muy efímera pues, después de tres o cuatro años, los proyectos o instituciones desaparecen o abandonan la zona. Es necesario que los proyectos que se ejecuten tengan componentes que permitan crear capacidades organizacionales que, a corto o mediano plazo, ayuden a consolidar la organización y aprovechar al máximo los recursos que llegan a la comunidad. Esta es una tarea ardua y puede que no se logre en pocos años, pero el proceso debe iniciarse cuanto antes.

Los recursos son cada vez más difíciles de conseguir y los proyectos escasean. Las instancias locales deben emprender un proceso que

Cuadro 2.

Opinión de informantes claves sobre las instituciones y proyectos que trabajan en la subcuenca de río Jucuapa

| Opinión | Frecuencia | Porcentaje |
|--|------------|------------|
| Poca o ninguna coordinación interinstitucional entre las instituciones y organizaciones que trabajan en la subcuenca. | 24 | 82,7 |
| Los pobladores están organizados informalmente en distintas instituciones y proyectos. | 24 | 82,7 |
| Las instituciones y proyectos hacen diferenciación de género entre los beneficiarios (actividades para hombres o mujeres). | 16 | 55,2 |
| Poca o ninguna asistencia técnica de las instituciones locales en la subcuenca. | 15 | 51,7 |
| La gestión de los proyectos la hacen los líderes de la comunidad ante las instituciones locales. | 15 | 51,7 |
| En la mayoría de las instituciones los recursos no están disponibles a tiempo y en forma adecuada, siempre hay retrasos. | 14 | 48,3 |
| La mayoría de las instituciones han promovido el intercambio de experiencia con otras comunidades. | 12 | 41,4 |
| No hay inconvenientes en la comunidad para que las mujeres participen en el proyecto. | 10 | 34,4 |
| La asistencia técnica que han recibido es de buena calidad. | 9 | 31,0 |

permita aunar esfuerzos para que los pocos recursos obtenidos se utilicen de la manera más eficiente en las comunidades y sin duplicidad de acciones. Los recursos o la capacidad técnica que tienen las instituciones deben aprovecharse en beneficio de las familias de la subcuenca; por ello

es necesario establecer convenios de colaboración y enlaces estratégicos entre las instituciones. La municipalidad debe asumir un papel más activo en la comunidad y apropiarse del liderazgo del proceso, de tal forma que pueda orientar, o reorientar, a las instituciones que tienen incidencia en la

zona. Hay muchas limitaciones en el gobierno local pero la responsabilidad no solamente es de esa institución.

La mayoría de las instituciones que tienen influencia en la cuenca no han dirigido sus acciones a la familia, sino que más bien se han enfocado en los hombres o las mujeres de manera separada. Entre los entrevistados existe la percepción de que las acciones se han manejado así debido a que a los hombres se les trata de manera diferente que a las mujeres (55,2%). Se percibe que el enfoque de género ha sido una tarea muy difícil de lograr en la zona porque conlleva cambios de actitudes y de aptitudes, las cuales por lo general responden a patrones culturales imperantes en las familias productoras y en las instituciones mismas. Este proceso avanza muy lentamente; sin embargo, muchos entrevistados manifestaron su complacencia por la apertura a la participación de las mujeres en los proyectos, lo que es un buen indicador de que el enfoque de género es aceptado en la zona.

Otro sentir de los entrevistados es la poca asistencia técnica que han recibido de las instituciones (51,7%); esto se debe probablemente a que instituciones como el INTA y el Movimiento Comunal retiraron o disminuyeron sus acciones en la subcuenca en los últimos años. Organizaciones como el Colectivo de Mujeres se ha centrado más en el sector salud y construcción de viviendas, y FUMDEC opera en la parte alta de la subcuenca en asistencia técnica a mujeres. La Alcaldía no brinda asistencia técnica y el PCaC fue un proyecto efímero de emergencia que duró muy poco tiempo en la zona y con poco personal.

La población de la subcuenca piensa que la mayor parte de los recursos que manejan las instituciones y proyectos rara vez están disponibles en tiempo y forma (48,3),

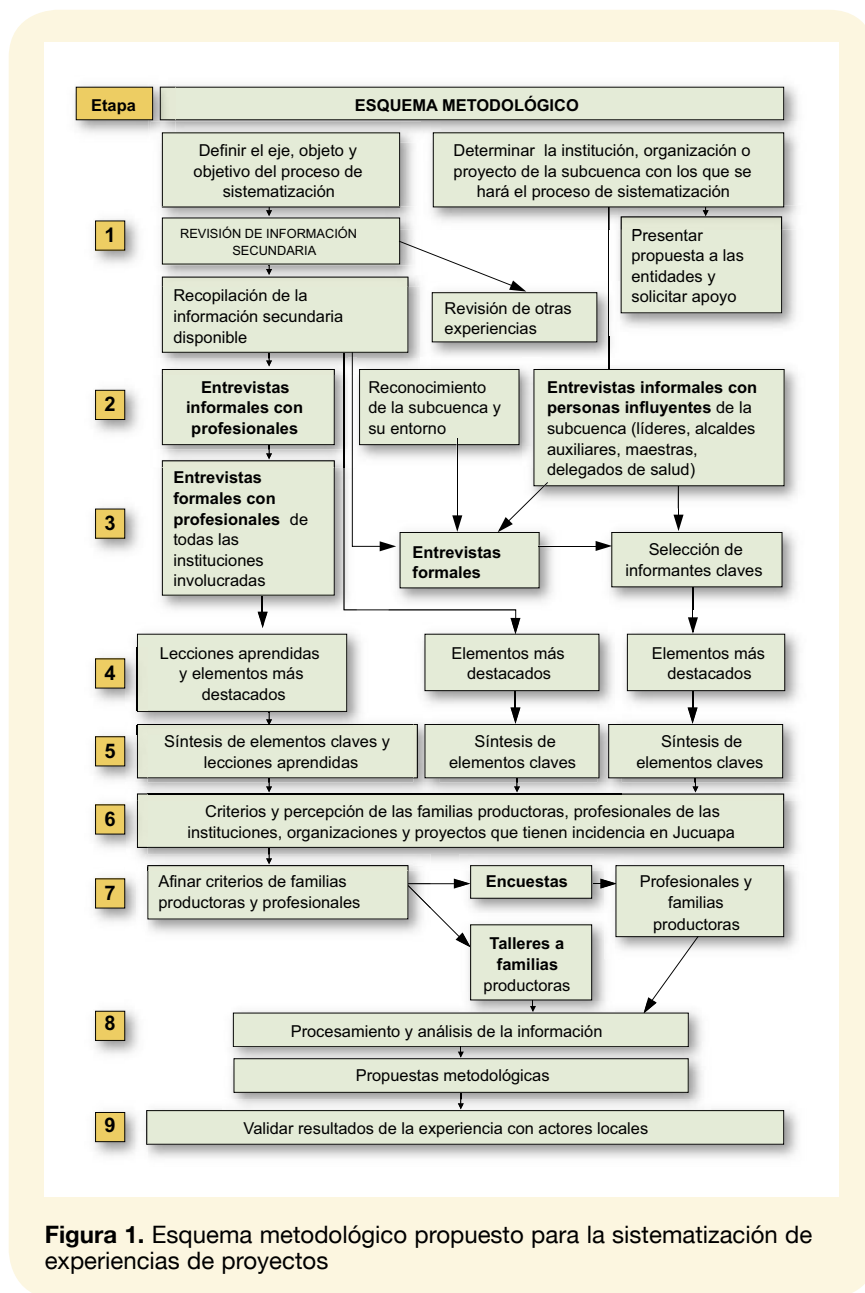


Figura 1. Esquema metodológico propuesto para la sistematización de experiencias de proyectos

debido a procesos administrativos poco ágiles en la mayoría de las entidades locales que manejan tales recursos. Esto trae como consecuencia que los proyectos se retrasen o fracasen.

Propuesta metodológica para el análisis y la sistematización de las experiencias

De acuerdo con la información recolectada y las experiencias del

presente estudio, se sugiere utilizar el esquema metodológico que se presenta en la Fig. 1 para facilitar el análisis y la sistematización de experiencias de proyectos.

Características de los proyectos locales

Con base en el análisis de los elementos claves encontrados en el presente estudio, entre los que se incluyen las percepciones de profesionales y

familias productoras, en el Cuadro 3 se proponen 13 características que deberían cumplir los proyectos de desarrollo para lograr un mayor impacto y éxito.

Lecciones aprendidas en las diferentes instituciones y proyectos

Las lecciones aprendidas permiten conocer los elementos claves y relevantes que condujeron al éxito o al fracaso de una determinada experiencia. Esto es muy útil para tomar decisiones al enfrentar situaciones similares (Jara 1994). A continuación se destacan las principales lecciones en la implementación de proyectos y programas en la subcuenca del río Jucuapa.

- Sin la participación de las mujeres no se puede lograr el desarrollo de la comunidad.
- Las familias productoras deben tener un papel más protagónico en los proyectos e instituciones que promueven el desarrollo de sus comunidades.
- Se creyó que con solamente tecnología se iba a mejorar el nivel de vida de las familias productoras, por lo que no se fomentó el desarrollo de capacidades; eso fue un error.
- Un gran número de proyectos benefician a unos pocos (los que reciben fondos), gastan el dinero en estudios, propaganda y acciones que no son prioritarias, sin lograr nunca resultados relevantes.
- Es importante clarificar el enfoque de cuencas y los conceptos a todos los niveles, desde productores hasta decisores, para lograr mayor eficiencia en las acciones.
- Las instituciones locales tienen una visión poco clara del enfoque de cuencas.
- Es necesario escoger a los actores claves de la subcuenca para garantizar la sostenibilidad y continuidad de las acciones; entre ellos, el comité de agua potable, las cooperativas y las asociaciones de productores.

Cuadro 3. Características que deben tomar en cuenta los proyectos locales

1. Seleccionar adecuadamente el sitio donde se va a trabajar
2. Partir del conocimiento local
3. Responder a los problemas más apremiantes y críticos de la cuenca
4. Facilitar el establecimiento de alianzas estratégicas con el gobierno local y las instituciones
5. Promover y apoyar foros de comunicación municipal y local con enfoque de cuencas
6. Identificar elementos integradores para el manejo de cuencas
7. Promover el enfoque de cuencas en todos los niveles
8. Promover el enfoque de género
9. Trabajar con pequeños proyectos locales comunitarios
10. Promover un enfoque social a la comunidad
11. Promover y apoyar la diversificación y la búsqueda de nuevas alternativas productivas
12. Crear capacidades locales
13. Implementar acciones para la continuidad y sostenibilidad de las acciones

La mayoría de las instituciones que tienen influencia en la cuenca no han dirigido sus acciones a la familia, sino que más bien se han enfocado en los hombres o las mujeres de manera separada.

- Es indispensable que la población beneficiaria adquiere un compromiso con el resto de la sociedad, ya que reciben bastantes recursos a través de proyectos.
- Hay que buscar el empoderamiento de los actores locales y promover una comunidad empoderada y no asistencial.
- Es fundamental tomar en cuenta las decisiones de las comunidades y sus necesidades; hay que conservar el suelo pero también hay que combatir el hambre.

Percepción de los actores locales sobre los programas y proyectos implementados por instituciones y organizaciones en la subcuenca del río Jucuapa

- La poca coordinación interinstitucional es uno de los problemas más frecuentes en la subcuenca del río Jucuapa, pues afecta no solamente a las instituciones sino también el desarrollo de las comunidades.
- Los problemas políticos afectan el accionar de las instituciones, organizaciones y proyectos en la subcuenca.
- La falta de un plan integrador o rector oficial puede ser otra causa de la poca coordinación interinstitucional.
- La diferencia de objetivos, misiones y visiones de las instituciones y proyectos no debe ser un obstáculo para que se integren a un proceso de manejo de cuencas en la zona.
- El poco conocimiento del enfoque de cuencas en los diferentes niveles institucionales es un elemento que dificulta trabajar en el manejo de cuencas hidrográficas.



El empoderamiento de los actores locales es necesario en la implementación de proyectos y programas locales

- Existe conocimiento del enfoque de género en las instituciones, pero en la práctica se aplica poco.
- Hay poco apoyo a la comercialización de productos generados en la comunidad.
- Algunos proyectos e instituciones en la subcuenca hay iniciado acciones para la protección y manejo de los recursos naturales, pero la falta de estrategias y de seguimiento dificulta su continuidad.
- Los pobladores de la subcuenca perciben duplicidad de acciones entre las instituciones locales, así como falta de integración, unión y complementariedad.
- La mayoría de los pobladores de la subcuenca no están satisfechos con la labor realizada por las instituciones locales, principalmente aquellos que no han percibido beneficios de las instituciones y proyectos.
- No se detecta un efecto de irradiación de las instituciones hacia los beneficiarios indirectos, debido a que hay mucha diferencia en lo que perciben los beneficiarios y los que son no beneficiarios.
- Las familias productoras de la subcuenca consideran que la sostenibilidad de los proyectos que llegan a la zona solo se logrará

en la medida que se avance en la organización de la comunidad.

Conclusiones y recomendaciones

- Los gobiernos municipales y los proyectos que trabajen con el enfoque de cuencas deben buscar los elementos integradores que permitan la participación de todas las instituciones y proyectos en la subcuenca.
- Es importante que en la subcuenca se priorice, agilice y promueva la elaboración de un plan rector; además, se debe normar la participación de las instituciones en el mismo.
- Las instituciones y proyectos que tienen componentes de recursos naturales y/o de manejo de cuen-

cas deben impulsar, junto con el gobierno local, un proceso de capacitación sobre enfoque de cuencas dirigido a otras instituciones.

- Hay que aprovechar la capacidad local y la experiencia de las instituciones para promover y aplicar el enfoque de género y el enfoque de cuencas.
- Es necesario establecer foros de intercambio en los diferentes niveles comunales y municipales, que permitan conocer el actuar de las instituciones y buscar elementos comunes o complementarios de forma consensuada para un mejor desarrollo de la subcuenca.
- Se debe promover la integración de las familias a la planificación institucional. Los pobladores no deben ser objetos ni sujetos de cambio sino agentes de cambio; la familia puede mejorar su condición si las instituciones muestran más apertura y promueven la participación.
- Las entidades que inciden en la subcuenca deben buscar estrategias y abrirse a los procesos de extensión; principalmente a aquellos eventos masivos que permitan irradiar y multiplicar la labor hecha en la subcuenca hacia los no beneficiarios.
- Los esfuerzos por mejorar y fortalecer las organizaciones que ya existen, como las cooperativas y otros grupos comunales, facilitan la conformación de organizaciones formales establecidas legalmente.
- Se deben identificar canales y buscar estrategias de comercialización con la comunidad. 🌱

Literatura citada

- Acevedo, L. 2002. Parámetros para reducir los niveles de vulnerabilidad en la subcuenca del río Jucuapa. Matagalpa, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 123 p.
- Díaz, M; Gómez, D. 2001. Caracterización y sondeo de la microcuenca del río Jucuapa. Matagalpa, Nicaragua, CATIE. Proyecto de fortalecimiento de la capacidad local en el manejo de cuencas y prevención de desastres naturales (FOCUENCAS-CATIE-ASDI). 11 p.
- Geilfus, F. 1997. 80 herramientas para el desarrollo participativo: diagnóstico, planificación, monitoreo, evaluación. San Salvador, El Salvador, IICA-GTZ. 208 p.
- Jara, O. 1994. Para sistematizar experiencias: una propuesta teórica y práctica. Ed. 3. San José; CR, Centro de Estudios y Publicaciones ALFORJA. 256 p.
- Vallecillo, J; Montenegro, I; Pedersen, J. 2001. Delimitación y estudio de la cuenca del río Jucuapa. Matagalpa, Nicaragua, Unión Nacional de Agricultores y Ganaderos (UNAG). 12 p.

Lineamientos para la planificación del Bosque Modelo Reventazón, Costa Rica¹

Andrés Felipe García Azuero

agarcia@catie.ac.cr

José Joaquín Campos

jcamos@catie.ac.cr

Róger Villalobos

rvillalo@catie.ac.cr

La cuenca del Reventazón es un espacio territorial donde existe una diversidad de desafíos sociales, económicos y ambientales. Abordar estos desafíos requiere de un esfuerzo concertado y colaborativo entre los actores presentes en la región.

El punto de partida debe ser la planificación integral y participativa, tal como lo han propuesto los actores claves que participaron en este estudio.

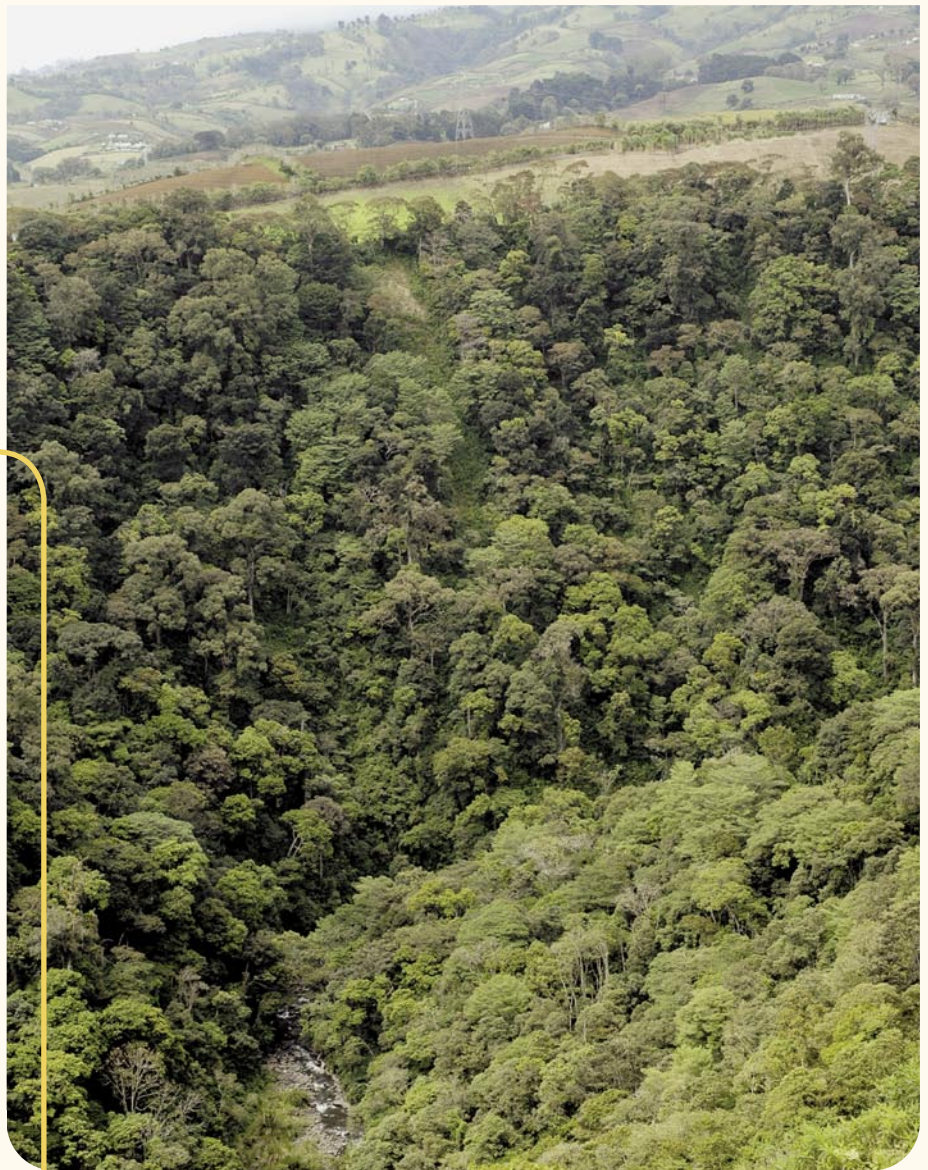


Foto: Lac-Net/CATIE.

¹ Basado en García Azuero, AF. 2003. Lineamientos para la planificación de un bosque modelo en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 135 p.

Resumen

Este estudio tiene como propósito aportar lineamientos para la planificación del Bosque Modelo Reventazón (BMR), en la cuenca del río Reventazón, Costa Rica. La formulación y consolidación de los lineamientos se estructuró mediante cinco pasos fundamentales: 1) formulación preliminar de principios y criterios (P&C) para la planificación del BMR; 2 y 3) uso de “filtros” para ajustar y dar coherencia al conjunto de P&C con la participación de diferentes actores; 4) desarrollo de un proceso de consultas a partir de entrevistas semi-estructuradas a diferentes actores de la cuenca, con el fin de evaluar y validar los P&C propuestos y elaborar una propuesta preliminar de lineamientos; 5) consolidación de la propuesta de lineamientos a partir de los insumos y resultados de los pasos anteriores.

La propuesta final de lineamientos consta de una meta superior, 4 principios, 15 criterios, una lista de actividades a desarrollar, la escala de aplicación e insumos adicionales. Se identificaron estrategias y mecanismos para facilitar la participación de actores, detectar los principales problemas, potencialidades y las principales tendencias de cambio de los recursos naturales a largo plazo, definir los objetivos y la priorización de acciones del BMR. De la propuesta se resalta la importancia de la educación, tema que sobresalió en varias etapas del estudio y debe pasar a ser uno de los pilares de la iniciativa del BMR, así como la participación de la sociedad.

Palabras claves: Recursos naturales; bosque modelo; planificación; desarrollo sostenible; participación comunitaria; educación ambiental; río Reventazón; Costa Rica.

Summary

Planning guidelines for the Reventazón Model Forest in Costa Rica. The present study aimed at developing planning guidelines for the establishment of the Reventazón Model Forest (RMF) in the Reventazón River watershed, Costa Rica. The development and consolidation of the guidelines was conducted in five steps: 1) the initial principles and criteria (P&C) for the RMF planning were formulated; 2-3) application of “filters” to adjust the set of P&C with participation of RMF stakeholders; 4) a process of consultations at the watershed level was conducted by means of semi-structured interviews to assess and validate the set of P&C and to structure a preliminary guideline proposal; 5) development of the final guidelines proposal considering the inputs and results of previous steps.

The final proposal of the P&C consisted of an overarching objective, 4 principles, 15 criteria, a list of activities to develop and its scale of application, and additional inputs. Strategies and mechanisms for the stakeholder’s participation were identified as well as the main problems and potentialities, the main trends of change for natural resources in the long term, and the objectives and actions prioritization for the RMF. During the process, education stood out as a leading issue, therefore it should become a priority of the RMF initiative, as well as mechanisms to foster the stakeholder participation.

Keywords: Natural resources; model forest; planning; sustainable development; community participation; environmental education; Reventazón river Costa Rica.

En la segunda mitad del siglo XX empezó a surgir una mayor conciencia mundial acerca de la degradación ambiental y, por tanto, de la importancia de conservar los recursos naturales y utilizarlos sosteniblemente. De esta forma, en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Ambiente y Desarrollo realizada en Río de Janeiro en 1992 se logró el compromiso de más de 177 gobiernos del mundo por alcanzar el desarrollo sostenible². Este fue un momento cumbre de apoyo político y público para vincular las metas de desarrollo con la erradicación de la pobreza y la protección ambiental (FAO 2002, NCSO 2002).

En la misma Conferencia, Canadá propuso la iniciativa de los bosques modelo; así se creó la Red Internacional de Bosque Modelo (RIBM), a partir de la Red de Bosques Modelo de Canadá que se había consolidado un año antes. La RIBM reconoce que el camino hacia la sustentabilidad debe ser delineado por quienes conocen y utilizan el bosque y sus recursos (RIBM 1999, Casaza 2001, Besseau *et al.* 2002, LaPierre 2002).

Un bosque modelo es un proceso social de gestión participativa a escala de paisaje, para desarrollar asociaciones sociales de múltiples partes interesadas, con el propósito de investigar, identificar, adaptar y aplicar enfoques innovadores al manejo sostenible de los recursos naturales (García *et al.* 2005). El enfoque fundamental es que el trabajo conjunto permite desarrollar una visión común hacia el desarrollo sostenible. La comunidad del lugar y la comunidad de interés³ decide cómo utilizar sus recursos de la mejor manera posible y lo convierte en un enfoque ideal para desarrollar, medir

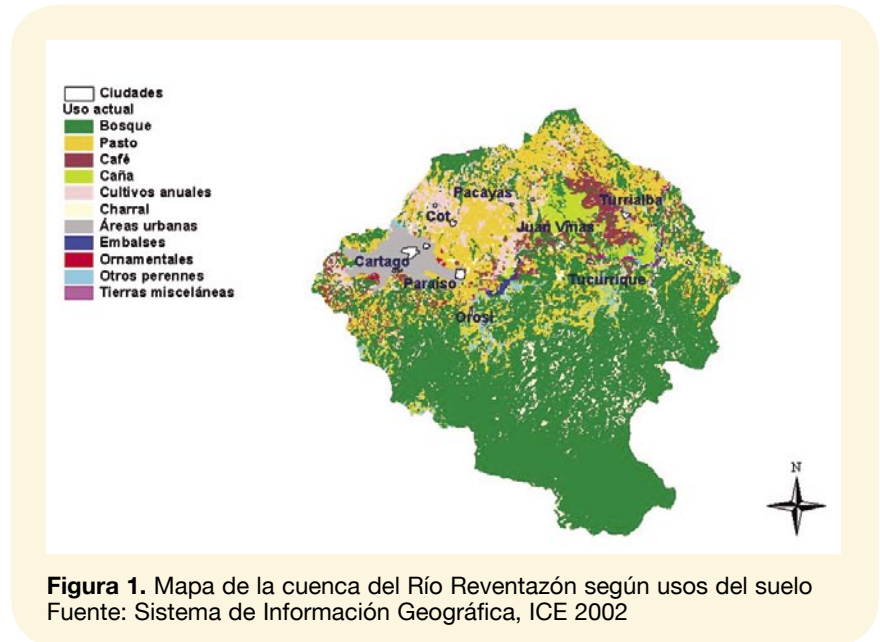


Figura 1. Mapa de la cuenca del Río Reventazón según usos del suelo
Fuente: Sistema de Información Geográfica, ICE 2002

y supervisar estrategias de manejo sostenible de los recursos naturales (RIBM *sf.*, Besseau *et al.* 2002, LaPierre 2002, García Azuero 2003).

El Bosque Modelo Reventazón (BMR) se ubica en la cuenca media y alta del río Reventazón en Costa Rica (Fig. 1). Esta es una zona de gran relevancia para el país, pues incluye las más importantes fuentes de agua potable para uso doméstico y para generación de energía hidroeléctrica, tierras muy fértiles donde se produce la mayor parte de las hortalizas del país, entre otros cultivos, e importantes áreas boscosas en diferentes estados de conservación, incluyendo diez áreas protegidas (potencial turístico y de desarrollo económico diverso); además limita con el principal centro de población del país (área metropolitana) (Sogreah Ingenierie SNC *et al.* 1999, Pérez *et al.* 2001). Sin embargo, en gran parte de la cuenca se dan problemas como usos inadecuados del suelo, prácticas agropecuarias inapropiadas, contaminación de cursos de agua, escasa cobertura arbó-

rea, pérdida de biodiversidad y alta vulnerabilidad a desastres naturales. Esto genera efectos negativos sobre los bienes y servicios ambientales que la cuenca puede proveer, tanto a los pobladores locales como a otras poblaciones más allá de los límites físicos de la cuenca, principalmente en cuanto a la provisión del recurso hídrico para generación energética⁴ y para consumo (Sogreah Ingenierie SNC *et al.* 1999).

Es evidente la necesidad de implementar una planificación territorial integral que permita desarrollar un nuevo enfoque que mejore la relación entre el hombre y los recursos naturales, optimice el uso de los recursos, mejore el acceso a los servicios ambientales, garantice la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras y reduzca la vulnerabilidad a desastres naturales. El enfoque de bosque modelo llena este vacío, por lo que el 5 de diciembre de 2003 se planteó la propuesta de crear un bosque modelo en la cuenca del río Reventazón.

² Existen muchas definiciones de desarrollo sostenible; no obstante, para las Naciones Unidas... "el desarrollo sostenible busca satisfacer las necesidades de las generaciones actuales sin comprometer las posibilidades de las futuras generaciones de satisfacer sus necesidades". En otras palabras, un proceso de desarrollo social y económico que se mantenga y que no deteriore los recursos para las generaciones venideras (FAO 2000).

³ Comunidad del lugar son todos los actores que viven dentro del espacio territorial que se está manejando y que, por tanto, son directamente influenciados por los efectos del manejo. Comunidad de interés son los actores que tienen algún interés o propósito particular en la forma en que debe de manejarse ese espacio territorial, pero que no viven allí (ej. organizaciones ambientales, turistas, usuarios del agua) (Guldin 2003).

⁴ En la cuenca se encuentran los embalses de Cachí-Río Macho y Angostura, que aportan el 38% del total de la energía hidroeléctrica del país.

El objetivo de este estudio es formular lineamientos que permitan guiar el proceso de planificación y consolidación del BMR, con la participación de diferentes actores de la zona y la contribución de expertos.

Metodología

Este estudio se basó en la combinación de diferentes metodologías: la de CIFOR para el desarrollo de estándares (Prabhu *et al.* 1999); el marco jerárquico de principios, criterios e indicadores (PC&I) de Lammerts van Bueren y Blom (1997); la metodología del CATIE que integra las dos propuestas anteriores e incorpora otros elementos (Carrera *et al.* 2001) y la metodología de Padovan (2001) para certificación de áreas protegidas.

El estudio se desarrolló en cinco pasos fundamentales (Fig. 2):

- 1) A partir de información bibliográfica y junto con el comité asesor de la investigación, se formuló la meta u objetivo superior de la planificación del BMR, considerando los elementos esenciales de los bosques modelo (Casaza 2001, Besseau *et al.* 2002) y del enfoque ecosistémico de la Convención sobre la Diversidad Biológica (CDB 2000, 2002, 2004), como base para la formulación de principios y criterios (P&C) y su retroalimentación con otros enfoques y estándares.
- 2) Los P&C iniciales fueron sometidos a un análisis de jerarquización y consistencia por parte del comité asesor de la investigación y otros expertos.
- 3) Se realizó un taller con expertos para evaluar cada parámetro del nuevo juego de P&C, con base en

cinco atributos previamente establecidos: entendible, relacionado, relevante, suficiente, redundante.

- 4) Se realizó un proceso de consultas a través de entrevistas semi-estructuradas a diferentes actores claves de la cuenca, con el objetivo de retroalimentar los P&C propuestos y elaborar una propuesta de lineamientos. Se entrevistó a 49 personas ubicadas en tres niveles de participación⁵, según su ámbito principal de acción, para detectar si había asociación entre tipo de persona y respuestas. Las respuestas fueron categorizadas y analizadas en tablas de contingencia con el procedimiento estadístico Chi cuadrado de Pearson.
- 5) Se consolidó una propuesta final de lineamientos a partir de los insumos y resultados de los pasos anteriores, la cual incluyó P&C,

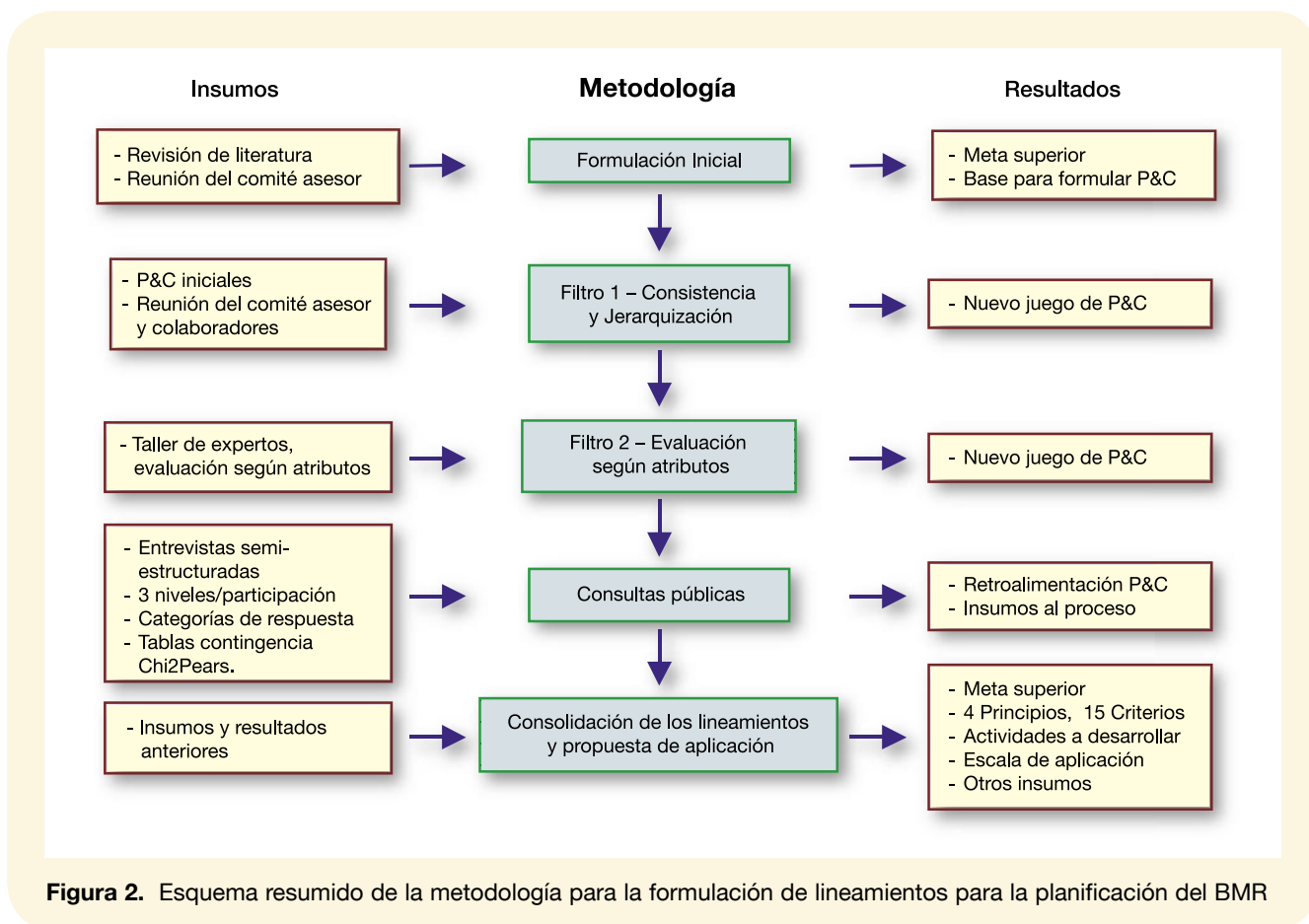


Figura 2. Esquema resumido de la metodología para la formulación de lineamientos para la planificación del BMR

⁵ Nivel 1: decisores y directores de instituciones públicas o regionales.

Nivel 2: actores sociales en cargos medios y técnicos de las instituciones públicas, miembros de instituciones académicas y de investigación, entre otros.

Nivel 3: actores sociales de base y relacionados, como organizaciones municipales, escuelas, centros de salud, extensionistas, entre otros.

actividades a desarrollar, escala de aplicación e insumos adicionales.

Resultados y discusión

Formulación de P&C para la planificación del BMR

Los estándares, o marcos jerárquicos de PC&I han sido utilizados tradicionalmente para certificar el manejo forestal sostenible; sin embargo, para otras aplicaciones se han desarrollado otros marcos jerárquicos como el de Padovan (2001) y el de este estudio. En este aspecto, el CATIE ha tenido liderazgo en la región.

Lo primero que se hizo fue formular la meta superior de la planificación del BMR, la cual fue definida de la siguiente forma: “*En el proceso de planificación para la creación del BMR están involucrados los actores relevantes y se utiliza adecuadamente el conocimiento disponible para promover un uso sostenible e integral de los recursos naturales y el*

ambiente, que contribuya a mejorar la calidad de vida de las personas”.

La propuesta inicial de P&C estuvo conformada por 28 parámetros agrupados en una meta superior, cuatro principios y 23 criterios. Los parámetros sufrieron modificaciones durante el proceso de consolidación de los lineamientos, con una tendencia a la reducción en el número de criterios, lo que brinda mayor sencillez y aplicabilidad (Padovan *et al.* 2002, Carrera 2000).

El análisis de suficiencia y redundancia de los parámetros del estándar de P&C es una forma de retroalimentación y monitoreo para que los parámetros se ajusten a los del nivel jerárquico superior. Esto permite encontrar vacíos y traslapes. En este estudio, dicho análisis fue desarrollado a lo largo del proceso porque no es posible constreñirlo a una sola etapa ya que en cada paso se consultan diferentes personas. Con ello se logró una

mayor consistencia y coherencia de los P&C y, por lo tanto, consolidar la propuesta final conformada por una meta superior, 4 principios y 15 criterios (Cuadro 1). Para mayores detalles consultar García Azuero (2003).

Proceso de consultas públicas

Inicialmente se estableció que la propuesta de P&C debía ser validada en forma participativa con una amplia representación de los actores del BMR; sin embargo, hubo que cambiar de estrategia porque el proceso de conformación del BMR no había empezado oficialmente y se temió que pudieran crearse falsas expectativas al desarrollar esta validación. Así, se pasó a un proceso de consultas para obtener retroalimentación e insumos para el proceso de gestión del BMR. A continuación se presentan en forma resumida los más relevantes:

- Estrategias y mecanismos para la participación de actores del BMR:

Cuadro 1.

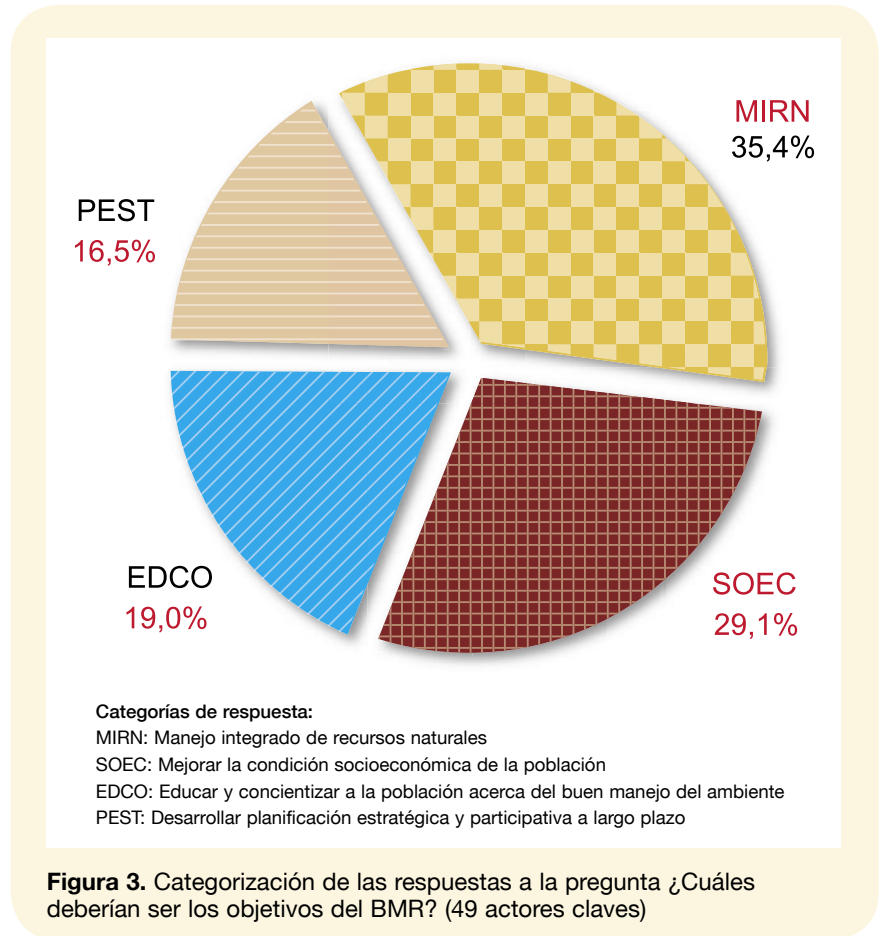
Propuesta final de Principios y Criterios para la planificación del Bosque Modelo Reventazón

| Principios | Criterios |
|--|---|
| 1. Representantes de todos los sectores y disciplinas pertinentes de la comunidad del BMR participan activamente en el proceso de planificación y están comprometidos con la gestión del mismo. | 1.1. Se han identificado los actores relevantes. 1.2. Los actores relevantes han recibido información y capacitación suficiente para fundamentar su participación. 1.3. Se han diseñado estrategias para que los actores relevantes participen de manera representativa y equitativa. 1.4. Los actores involucrados se apropian del proceso de establecimiento del BMR y se comprometen a contribuir con su desarrollo e implementación. |
| 2. La planificación se basa en información relevante y necesaria, incluyendo el conocimiento científico y tradicional. | 2.1. Se han identificado las fuentes de información y los datos relevantes y necesarios a ser tenidos en cuenta. 2.2. Existe un diagnóstico sobre el estado de los recursos naturales y las dinámicas sociales en el que están identificados los principales problemas, oportunidades y tendencias principales de cambios relacionados con los recursos naturales. 2.3. La información relevante se encuentra disponible y se comparte entre los diferentes actores involucrados. 2.4. Los actores involucrados utilizan la información relevante en el desarrollo de las actividades de planificación del BMR. |
| 3. En el proceso de planificación se establecen objetivos comunes, metas y estrategias claras, aplicables y alcanzables para el desarrollo e implementación del BMR. | 3.1. Los objetivos, metas y estrategias están formulados con base en un diagnóstico de los recursos mediante la participación efectiva de los actores. 3.2. Existe una priorización concertada de objetivos, metas, estrategias y acciones, en el marco del manejo sostenible de los recursos naturales. 3.3. Se proveen herramientas y mecanismos para facilitar y promover la colaboración para la ejecución de acciones entre actores al interior del BMR. 3.4. Se proveen herramientas y mecanismos para facilitar y promover la colaboración para la ejecución de acciones entre actores al exterior del BMR. 3.5. Se provee un mecanismo sistemático de evaluación y retroalimentación (manejo adaptativo). |
| 4. El proceso de planificación del BMR promueve la conservación y uso sostenible e integral de los recursos naturales y el ambiente, contribuyendo a mejorar la calidad de vida de las personas. | 4.1. El proceso de planificación se realiza a escala de paisaje, considerando las interacciones entre el ser humano y los recursos. 4.2. Las acciones y estrategias propuestas promueven la participación en la búsqueda de un equilibrio e integración adecuada entre conservación y uso sostenible de los recursos naturales, y para mejorar el bienestar social y económico de las comunidades. |

abrir y crear espacios de participación y toma de decisiones; planificación y coordinación adecuada; concientización y educación; divulgación y fomento; mostrar y generar resultados y beneficios.

- Identificación de los principales problemas y potencialidades: Problemas.- malas prácticas agropecuarias, deforestación, desempleo y falta de alternativas productivas, falta de educación y conciencia ambiental, falta de planificación y coordinación institucional, erosión y vulnerabilidad a desastres naturales. Potencialidades.- riqueza de recursos naturales y culturales y capacidad local, riqueza hídrica, presencia de diversas instituciones en la zona, fertilidad de los suelos y capacidad para diversificación de actividades productivas.
- Tendencias de cambio de los recursos naturales a largo plazo: cambios positivos en cuanto a prácticas agropecuarias y manejo y conservación de recursos naturales, principalmente debido a una mayor educación y conciencia de la población.
- Objetivos y priorización de acciones del BMR (Fig. 3): promover el manejo integrado de recursos naturales, mejorar la condición socioeconómica de la población, fortalecer la participación ciudadana.
- Estrategias para promover el equilibrio entre conservación y uso de los recursos naturales: educación y concientización, coordinación y regulación de actividades, mejores prácticas agropecuarias y generación de incentivos.
- Estrategias para promover el bienestar social y económico de las comunidades: generación de empleo y procesos productivos, educación y capacitación, participación en planificación y toma de decisiones.

Al analizar los resultados de las preguntas no se detectó asociación entre las variables (nivel de participación y categoría de respuesta), lo que sugiere que no hay diferencias entre las opiniones de los actores



según los niveles de participación. Esto puede deberse a que las personas entrevistadas comparten un conocimiento, valores y expectativas relativamente uniformes acerca de la zona por lo que ven las cosas de manera similar, independientemente del grupo al que pertenezcan.

Propuesta para aplicación de los lineamientos

Se evaluaron los insumos y resultados obtenidos en las etapas anteriores de la metodología y se formuló la propuesta de aplicación a partir de la meta superior y el conjunto de P&C. Se formularon las actividades que se debieran desarrollar para implementar el proceso y su escala o ámbito de aplicación. Finalmente, se incluyeron insumos adicionales; es decir, aspectos que se obtuvieron como resultado de la investigación y que aportaron al proceso, o aquellos

que se consideraron relevantes para que se pudieran desarrollar las actividades. La propuesta de aplicación de los lineamientos está planteada para que la desarrolle el grupo gestor del BMR (compuesto por las personas e instituciones que lideran el proceso inicial), o el directorio⁶ que se conforme para coordinar las actividades; no obstante, se sugiere que sea sometida a validación por parte del directorio y otros actores relevantes.

Esta propuesta rescata la importancia de la educación en el BMR, donde capacitar, educar y generar conciencia fueron aspectos sobresalientes en muchas etapas del proceso de construcción de los lineamientos y, por ende, deben constituirse en los pilares de la iniciativa del BMR, al menos al inicio. Igualmente, la participación debe jugar un papel primordial; en todas las etapas debe garantizarse la participación de la sociedad.

⁶ Directorio es la denominación que utiliza la RIBM para designar el grupo coordinador (similar a una junta directiva) de cada bosque modelo. Está conformado por representantes de los principales grupos de actores y le corresponde la toma de decisiones.

Finalmente, la implementación y consolidación del BMR requiere de la articulación de diferentes sectores comprometidos con el desarrollo sostenible y con mejorar la condición socioeconómica de la población; de la capacidad de estos sectores para involucrar a otros actores depende el logro de los objetivos del bosque modelo.

Conclusiones y recomendaciones

La cuenca del Reventazón es un espacio territorial donde existe una diversidad de desafíos sociales, económicos y ambientales. Abordar estos desafíos requiere de un esfuerzo concertado y colaborativo entre los actores presentes en la región. El punto de partida debe ser la planificación integral y participativa, tal como lo han propuesto los actores claves que participaron en este estudio. Un esfuerzo de esta naturaleza se convertiría en un modelo de desarrollo sostenible en Costa Rica.


Conclusiones

- La educación debe ser uno de los pilares de la iniciativa del BMR.
- La participación de los actores es uno de los mayores retos del BMR; se deben diseñar estrategias efectivas para lograr que actores y sectores diversos puedan interactuar, concertar intereses y tomar decisiones en todas las etapas del proceso.
- Los bosques modelo son un enfoque eficaz para contribuir al desarrollo sustentable, ya que crean un espacio para la participación de diferentes sectores de la sociedad y permiten la concertación y toma de decisiones en conjunto.
- Se requiere la vinculación de diferentes sectores y aprovechar los esfuerzos existentes, pero sobre todo el interés y compromiso para hacer de la cuenca un modelo de desarrollo sustentable en Costa Rica.

Recomendaciones

- La propuesta de lineamientos para la planificación del BMR debe someterse a revisión por parte del directorio y otros actores.
- Al inicio del proceso de implementación, debe desarrollarse una campaña de educación para capacitar y concientizar a la gente acerca del mejor uso y manejo de los recursos naturales, en la que se divulgue y promueva la iniciativa

y se abran espacios de participación para la planificación y toma de decisiones.

- El agua es un elemento integrador en la zona, por lo que debe ser aprovechada en ese sentido para acercar actores e intereses.
- Para futuros trabajos de este tipo se recomienda hacer mayor énfasis en el proceso de consultas públicas y menos en la formulación de los lineamientos. 

Literatura citada

- Besseau, P; Dansou, K; Johnson, F. 2002. The International Model Forest Network (IMFN): elements of success. *The Forestry Chronicle* 78(5): 648-657.
- Carrera, JR. 2000. Evaluación de indicadores para el monitoreo de concesiones forestales en Petén Guatemala. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 159 p.
- _____; Campos, JJ; McKinley, K; Finegan, B. 2001. Metodología para el desarrollo y evaluación de estándares para el manejo forestal sostenible. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 25 p. *En prensa*.
- Casaza. 2001. Los bosques modelo, filosofía y acciones. Santiago, CL, BM-LAC. Consultado 10-11-2002. <http://www.mercoopsur.com.ar/forestales/notas/losbosquesmodelo.htm>
- CDB (Convention on Biological Diversity). 2000. Enfoque por ecosistemas: ulterior elaboración conceptual. Nota de Estudio del Secretario Ejecutivo. Montreal, CA, CDB. 27 p.
- _____. 2002. Ecosystem Approach Background; considerations of the Ecosystem Approach by de Conference of Parties. Montreal, CA. Consultado 14-11-2003. <http://www.biodiv.org/programmes/cross-cutting/ecosystem/background.asp>.
- _____. 2004. Decision VII/11: Ecosystem Approach. Montreal, CA. Consultado 26-11-2004. <http://www.biodiv.org/decisions/default.aspx?m=COP-07&id=7748&lg=0>
- FAO. 2000. Año Internacional de las Montañas: documento de conceptos. Roma, IT, FAO. 36 p.
- _____. 2002. Contribución de la FAO a la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible. Consultado 04-11-2002. http://www.fao.org/wssd/Index_es.htm
- García Azuero, AF. 2003. Lineamientos para la planificación de un bosque modelo en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 135 p.
- _____; Campos Arce, JJ; Villalobos, R; Jiménez, F; Solórzano, R. 2005. Enfoques de manejo de recursos naturales a escala de paisaje: convergencia hacia un enfoque ecosistémico. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 55 p. (Serie Técnica. Informe Técnico no. 340).
- Guldin, RW. 2003. Forest science and forest policy in the Americas: building bridges to a sustainable future. *Journal of Forest Policy and Economics* 5(2003):329-337.
- Lammerts van Bueren, EM; Blom, RM. 1997. Hierarchical framework for the formulation of sustainable forest management standards. Leiden, NL, The Tropenbos Foundation. 82 p.
- LaPierre, L. 2002. Canada's Model Forest Program. *The Forestry Chronicle* 75(5): 613-617.
- NCSD. 2002. NCSD Knowledge Network. World Summit on Sustainable Development/Rio+10. Consultado 04-11-2002. <http://www.ncsdnetwork.org/knowledge/events02.htm>
- Padovan, MP. 2001. Formulación de un estándar y un procedimiento para la certificación del manejo de áreas protegidas. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 229 p.
- _____; Cifuentes, M; Campos, JJ; de Camino, R; Louman, B. 2002. Estándar y procedimiento para la certificación del manejo de áreas protegidas. *Revista Forestal Centroamericana* 38:14-20.
- Pérez, A; Calvo, G; González, JL. 2001. La importancia del manejo de la cuenca del río Reventazón. Turrialba, Costa Rica, ICE-UIPRE. 16 p.
- Prabhu, R; Colfer, C; Dudley, R. 1999. Guidelines for developing, testing, and selecting criteria and indicators for sustainable forest management. Yakarta, ID, CIFOR. 186 p.
- RIBM (Red Internacional de Bosques Modelo). s.f. Sembrando las semillas para un futuro sustentable. Ottawa, CA, RIBM. 15 p.
- _____. 1999. Guía para el desarrollo del bosque modelo. Ottawa, CA, RIBM. Consultado 10-11-2002. <http://www.idrc.ca/imfn/spanish/doc/guide-Span.html>
- Sogreah Ingeniería SNC; Gómez, Cajas y Asociados S.A.; SINERGIA69 S.A. 1999. Plan de manejo integral de la cuenca del río Reventazón: diagnóstico, síntesis de diagnóstico. San José, Costa Rica. 487 p.

Evaluación de la restauración del paisaje en el cantón de Hojancha, Costa Rica¹

Mónica Salazar

msalazar@catie.ac.cr

José Joaquín Campos

CATIE. jcampos@catie.ac.cr

Róger Villalobos

CATIE. rvillalobo@catie.ac.cr

Cornelius Prins

CATIE. prins@catie.ac.cr

Bryan Finegan

CATIE. bfinegan@catie.ac.cr

La restauración del paisaje en Hojancha se caracteriza por haber sido un proceso adaptativo. En este sentido, se destaca el hecho de que las primeras acciones por parte de la comunidad buscaron recuperar la capacidad productiva del área y generar empleo. Es decir que existía una visión a largo plazo; sin embargo, las estrategias y actividades se fueron desarrollando de forma adaptativa, a partir de factores y oportunidades de actores externos y de la capacidad y habilidad de los actores internos.

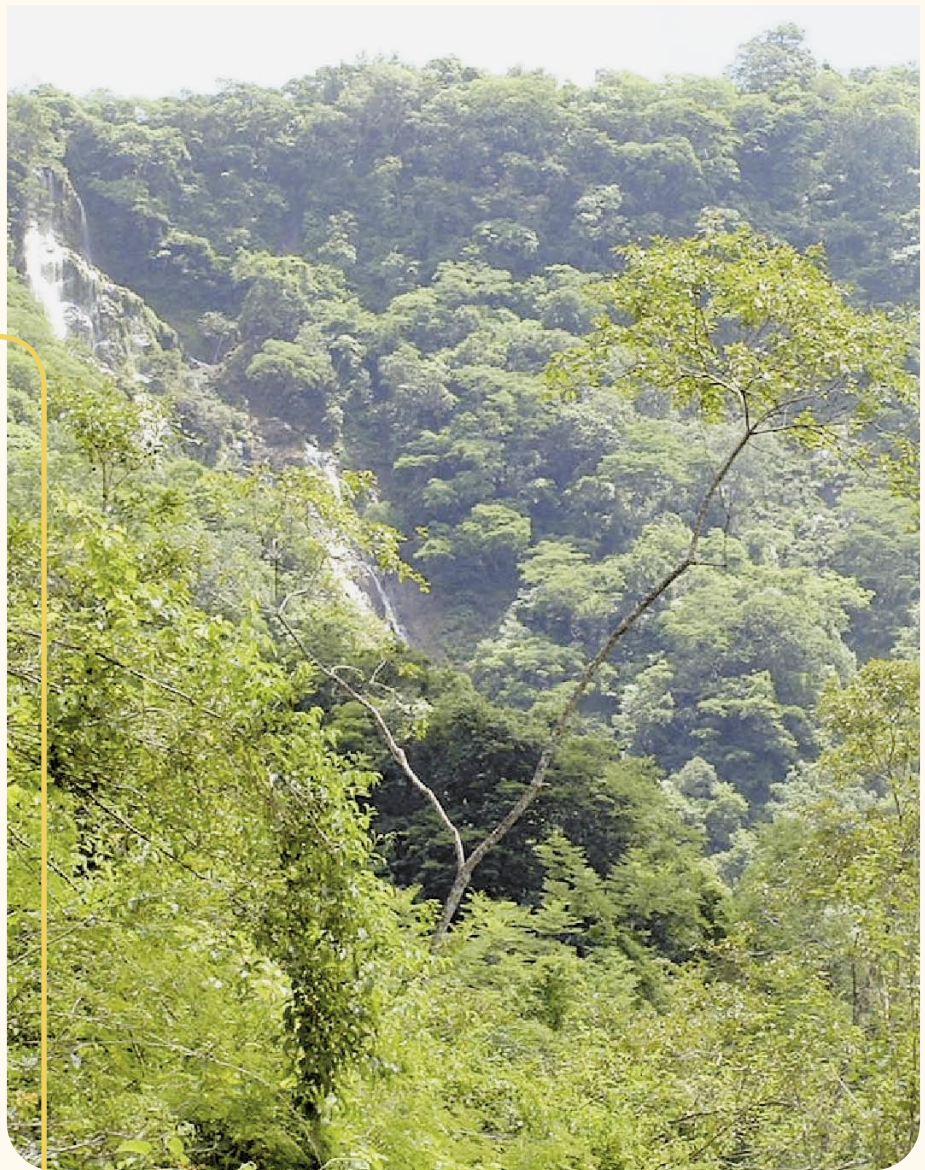


Foto: Mónica Salazar.

¹ Salazar, M. 2003. Evaluación de la restauración del paisaje en el cantón de Hojancha, Guanacaste, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 98 p.

Resumen

La restauración de ecosistemas degradados es un elemento de creciente importancia para la biología de la conservación. En este estudio se define restauración a escala de paisaje como el proceso de recuperación de funciones de los ecosistemas degradados del paisaje y el mejoramiento de las condiciones de vida de las comunidades locales, a través de los bienes y servicios que provee el paisaje. El objetivo de este trabajo fue evaluar las condiciones, procesos y resultados de la restauración del paisaje en el cantón de Hojancha, Guanacaste, Costa Rica. Para ello se construyó un estándar (marco jerárquico de principios, criterios e indicadores –PC&I) y se sistematizó la experiencia desde el punto de vista de institucionalidad. Los resultados muestran que las condiciones se dieron en el ámbito de políticas, intervención externa y mecanismos de compensación. Los procesos desarrollados fueron la capacidad de gestión y la coordinación y convergencia de las acciones de las instituciones locales. Los resultados se dieron en la estructura y composición del paisaje y en los bienes y servicios que el mismo genera.

En conclusión, se considera que la metodología que integra la obtención de información mediante PC&I y sistematización es apropiada para estudios a escala de paisaje. La restauración del paisaje fue un proceso adaptativo, e incluyó acciones de remplazo, rehabilitación y restauración; en relación con el cambio de uso del suelo, se concluyó que ha respondido a las tendencias de políticas y mercados a nivel nacional e internacional; lo cual indica que la sostenibilidad de la restauración podría estar siempre sujeta a cambios.

Palabras claves: Paisajismo; restauración; ecosistemas; conservación de la naturaleza; indicadores de sostenibilidad; Hojancha; Guanacaste; Costa Rica.

Summary

Evaluation of landscape restoration in Hojancha, Costa Rica. The restoration of degraded ecosystems is a component of increasing importance for conservation biology. In this study, landscape restoration is defined as the recovery process of the degraded ecosystem functions in the landscape and the improvement of the livelihood conditions for local communities through the goods and services provided by the landscape. The objective of the study was to evaluate the conditions, processes, and results of landscape restoration in Hojancha, Guanacaste, Costa Rica. The methodology was developed by constructing a standard (hierarchical framework of principles, criteria, and indicators [PC&I]) and with the systemization of the experience from the institutional point of view. The results showed that the conditions were observed in the political framework, external intervention, and compensation mechanisms. The processes developed were the managing capacity, coordination, and action convergence of local institutions. The results were observed in the structure and composition of the landscape as well as in the goods and services generated by the landscape. As conclusions, the methodology which integrated the data collection through the PC&I and systemization was considered convenient for landscape level studies. Landscape restoration was an adaptive process, and included replacement actions, rehabilitation, and restoration. In relation to land use change, it responded to the political and market tendencies at both national and international levels. This indicated that restoration sustainability may always be subject to change.

Keywords: Landscaping, restoration; ecosystem; nature conservation; sustainability indicators; Hojancha; Guanacaste; Costa Rica.

En los países tropicales, la pérdida y transformación de grandes áreas de bosque primario ha generado un cambio radical en los patrones del paisaje; en consecuencia, los ecosistemas degradados se han ido convirtiendo en un componente fundamental del paisaje rural. No es sino hasta hace pocos años que se ha empezado a valorar la importancia de mantener el suministro de bienes y servicios que estos ecosistemas degradados generan pues, según estimaciones del Banco Mundial, aproximadamente 300 millones de personas dependen de los recursos forestales de este tipo de ecosistemas para su subsistencia en el ámbito tropical (ITTO 2002).

Bajo esta perspectiva, hoy en día se desarrollan esfuerzos en diferentes escalas para restaurar los ecosistemas degradados. Así, se habla de trabajar con un enfoque a escala de paisaje, considerando que la formación y dinámica de estos ecosistemas no solo están influenciadas por factores de sitio, sino también por una serie de fuerzas sociales y biológicas interrelacionadas en una escala mayor (ITTO 2002). En este sentido, es importante trabajar la restauración a escala de paisaje, definida en este estudio como *el proceso de recuperación de funciones de los ecosistemas degradados del paisaje y el mejoramiento de las condiciones de vida de las comunidades locales, a través de los bienes y servicios que el paisaje ofrece*.

Actualmente existen iniciativas que trabajan bajo este enfoque. La principal iniciativa institucional es liderada por WWF y UICN y se denomina “Restauración del Bosque a Escala de Paisaje” (FLR, por sus siglas en inglés). Esta iniciativa es apoyada por un creciente interés institucional global manifestado en el desarrollo de encuentros regionales y mundiales y la publicación de diversos documentos. Los resultados de estas acciones se han concentra-

do en la construcción de un marco conceptual y la definición de lineamientos para orientar proyectos de restauración. Asimismo, se han generado recomendaciones, entre las que se menciona la necesidad de conocer y divulgar estudios de caso con el fin de validar y enriquecer la información disponible. Bajo estos conceptos y recomendaciones se enmarcó esta investigación, la cual se desarrolló con el propósito de aportar información al tema de la restauración a escala de paisaje.

El objetivo del estudio fue evaluar las condiciones, procesos y resultados de la restauración del paisaje en el cantón de Hojancha, Guanacaste, Costa Rica en las dimensiones biofísica, social, económica, institucional y legal. Esta zona sufrió una gran transformación del paisaje entre las décadas de 1960 y 1970, cuando la mayor parte de la cobertura boscosa fue reemplazada por pasturas para la ganadería, convirtiendo esta actividad en la principal fuente de ingresos económicos de la población. La intensificación de la ganadería generó una fuerte degradación de los suelos. Además, cuando los precios de la carne bajaron a finales de la década de 1970, la población perdió sus oportunidades de empleo y se generó una migración del 57% de la población. Las condiciones climáticas registradas en la época (baja precipitación y altas temperaturas) limitaron aún más la capacidad productiva de la zona y el suministro de agua.

Con este panorama, la región enfrentó una época de crisis que obligó a los habitantes que se quedaron a tomar medidas para solucionar sus problemas ambientales y sociales. Desde entonces, en el área se ha desarrollado una serie de acciones que permitieron superar la crisis y mejorar las condiciones de vida. La experiencia de esta región ha sido ampliamente documentada y considerada como exitosa en cuanto a la recuperación de la cobertura

forestal y la provisión de bienes y servicios de los ecosistemas a la comunidad (UICN-WWF 2002). No obstante, la información existente es heterogénea y desarticulada, pues no se ha considerado la diversidad de actores sociales y tipos de intervención que se han dado en el área en los últimos 20 años.

Un análisis a escala de paisaje de los resultados de la restauración en los aspectos biofísicos, sociales, económicos, institucionales y legales, así como de las condiciones y procesos que han determinado estos resultados, puede ayudar a obtener elementos que sirvan de insumo para promover futuras iniciativas de restauración a escala de paisaje. Esta investigación se considera un estudio de caso que aporta una línea base para futuros estudios en el área.

Materiales y métodos

La metodología se desarrolló a través de tres fases:

- i) formulación de un marco jerárquico de principios, criterios e indicadores
- ii) evaluación de indicadores en campo
- iii) sistematización de las acciones desarrolladas a nivel social e institucional en el proceso de restauración.

Primera fase.- La formulación del marco jerárquico de principios, criterios e indicadores (PC&I) se basó en el marco lógico propuesto por Lammerts van Bueren y Blom (1997). Inicialmente se identificaron factores claves para la evaluación de la restauración a escala de paisaje con base en la literatura y consulta a expertos. Luego se formuló una meta superior que describiera el estado ideal o deseable de la restauración a escala de paisaje y se formularon los principios y criterios. Los principios se expresaron como aquellas características que el paisaje debe presentar para lograr la meta superior; en este sentido se formuló

un principio para cada dimensión (biofísica, socioeconómica e institucional-legal). Los criterios se formularon considerando los aspectos que deben existir en el paisaje para el cumplimiento de los principios. Con base en los principios y criterios se formularon los indicadores y verificadores. Los indicadores buscaban medir cuantitativa o cualitativamente los criterios establecidos; el conjunto de indicadores se discutió en reunión con expertos, con el fin de asegurarnos de que cumplieran con los siguientes atributos: medible, pertinente, disponible, eficiente, confiable. Finalmente, se formularon verificadores para cada indicador y el protocolo para la evaluación de indicadores como instrumento guía para la captura de información en el campo. El protocolo definió el método de verificación, la escala de medición y la fuente o instrumento de información. Sin embargo, se quería que el protocolo fuera un instrumento flexible, por lo que quedó abierta la posibilidad de incorporar o eliminar aspectos a nivel de indicador o de verificador, siempre y cuando la información ayudara al logro de los objetivos.

Segunda fase. Esta fase se desarrolló en tres etapas: i) Se definió un paisaje de referencia (el degradado) con el fin de tener un contexto que facilitara un análisis comparativo de los indicadores. Así, se hizo una aproximación a la descripción general del paisaje de Hojancha en los aspectos biofísicos, sociales, económicos e institucionales en un periodo establecido entre finales de la década de 1970 y principios de 1980. Para la descripción se revisaron estudios de la época, entrevistas y fotografías aéreas de 1981, con las cuales se elaboraron mapas de cobertura por medio de SIG. ii) Se evaluaron los indicadores en el campo con el fin de obtener la información descrita en estos. Antes de la medición en campo, se discutieron y revisaron los indicadores y verificadores con un experto de la



Matriz de paisaje característica del cantón de Hojancha, Guanacaste, Costa Rica

Foto: Mónica Salazar.

zona. La medición de indicadores se hizo con base en el protocolo y se desarrolló a través de cinco pasos fundamentales: identificación de actores para entrevistas, revisión bibliográfica, entrevistas, observaciones directas y análisis de los resultados en términos de condiciones, procesos y resultados. iii) Se validaron los resultados de los indicadores con la comunidad en un taller de un día en el que participaron líderes comunitarios, dirigentes de instituciones, representantes de sectores productivos y expertos en manejo forestal sostenible y manejo diversificado de bosques. Se presentaron los resultados de los indicadores con el fin de socializar y validar la información y se revisó y discutió la clasificación de los indicadores en aspectos de condiciones, procesos y resultados.

Tercera fase. La sistematización se basó en los principios metodológicos desarrollados por Berdegúe *et al.* (2000), Jara (1994) y Almendares y Ávila (2002). Se trabajó con un enfoque de caso; es decir, la sistematización de una experiencia que interesa conocer para poder explicar una situación conocida por sus resultados o sus

métodos (Berdegúe *et al.* 2000). La sistematización constó de seis pasos: i) definición del objetivo de la sistematización, ii) definición del eje temático de la sistematización (aspectos principales que interesaba explorar); iii) identificación de actores; se consideró la idea de perspectivas múltiples y el nivel de participación en la experiencia; iv) identificación de herramientas, considerando principalmente el factor tiempo en la etapa de campo; v) recopilación de información de campo por medio de entrevistas individuales semiestructuradas con preguntas abiertas y vi) ordenamiento y análisis de la información. La información se organizó en tres momentos: a) situación inicial: la degradación del paisaje; b) la intervención: acciones para restaurar y c) situación actual: el paisaje restaurado. La información fue analizada bajo el concepto de institucionalidad, definida como las reglas formales e informales que estructuran las decisiones y las conductas de los agentes públicos y privados, incluyendo los sistemas para hacerlas cumplir (Prins 2003). Una aproximación conceptual establece que el término se

refiere a la dimensión organizativa de cada sociedad (Bastiaensen y Vaessen 2002).

Resultados y discusión

Formulación del marco jerárquico de PC&I. La meta superior definida fue: “*La restauración a escala de paisaje mejora la integridad ecológica de los ecosistemas y el bienestar de las comunidades locales a través de los bienes y servicios que provee el paisaje*”. A partir de la meta se definieron tres principios, uno para cada dimensión. Se formularon ocho criterios: uno para la dimensión biofísica, cuatro para la social y económica y tres para la institucional y legal. El Cuadro 1 presenta el estándar final desarrollado.

Evaluación de indicadores en el campo. La Fig. 1 integra y relaciona los resultados de la evaluación de los indicadores según la clasificación en aspectos de condiciones, procesos y resultados. Esta relación debe entenderse a partir de la siguiente ecuación:

$$C + P = R^2$$

Donde, C = Condiciones; es decir, las *situaciones o circunstancias esenciales, presentes o establecidas, para que la restauración se desarrolle y alcance los resultados deseados* (la meta superior).

P = Procesos; o sea, *las acciones o actividades que deben desarrollarse o se han desarrollado para lograr el estado deseado de la restauración*.

R = Resultados; es decir, *los efectos y consecuencias de la relación de las condiciones y procesos, en el cumplimiento del estado deseado de la restauración*.

Condiciones de la restauración del paisaje en Hojancha. Las condiciones existentes para la restauración del paisaje en el cantón de Hojancha se dieron básicamente en aspectos de políticas, proyectos y acciones de instituciones externas, mecanismos de compensación eco-

nómica para la implementación de acciones de conservación y oportunidades para el acceso a crédito.

Con respecto a las políticas, la evolución de la legislación costarricense en materia forestal ha sido clave para la restauración del paisaje en Hojancha. En este sentido, los programas de incentivos para reforestación y protección han tenido una oportuna aplicación en el área, considerando la reforestación con especies nativas e introducidas como una de las principales acciones para la recuperación de los ecosistemas degradados. Esta tendencia es casi general en América Latina, tal como lo mencionan Smith *et al.* (1997). La reforestación de tierras agrícolas y pastizales abandonados se ha convertido en una de las estrategias claves para restaurar algunos de los servicios económicos y ecológicos de los bosques. Por otro lado, leyes como la creación de la Oficina Nacional de Semillas legitimó este sector en el país, lo que se tradujo en Hojancha en la creación de espacios de comercialización de productos que, como las semillas, generan valor agregado para el bosque.

En cuanto a la **intervención externa** a través de proyectos y acciones de instituciones se destacan varios aspectos. Inicialmente, el primer proyecto de desarrollo ejecutado en el área, Proyecto de Desarrollo Rural Integrado (PDRI), permitió trabajar bajo una visión integral enfocada en el mejoramiento de la capacidad productiva de la región, la conservación de los recursos naturales, la generación de empleo y el mejoramiento de las condiciones económicas de la población. Según Gottret y White (2001), el enfoque de manejo integrado de recursos naturales ha generado un impacto positivo en el medio rural, ya que este tipo de procesos son planificados y desarrollados por múltiples organizaciones y socios y se ejecutan bajo el enfoque de investigación-acción.

El PDRI generó capital humano y social³ que permitió construir una base sólida para las siguientes intervenciones. A partir de este punto se encuentran ciertos factores comunes en el resto de proyectos ejecutados; entre ellos: i) los objetivos de los proyectos se definían con base en necesidades previamente identificadas por la misma comunidad; es decir

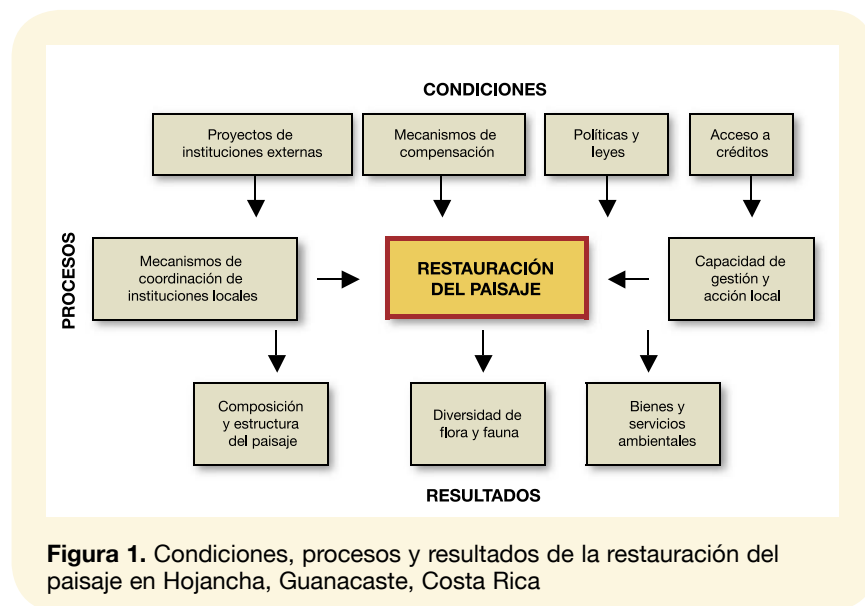


Figura 1. Condiciones, procesos y resultados de la restauración del paisaje en Hojancha, Guanacaste, Costa Rica

² Esta división, sin embargo, no debe ser estática. Aunque la clasificación de los indicadores facilita el entendimiento y relación de variables para su análisis, las presentaciones y discusiones previas de los resultados evidenciaron que existen indicadores que pueden ser aspectos tanto de condición como de procesos e inclusive de resultado (principalmente los indicadores de institucionalidad, que en realidad evolucionaron y se adaptaron durante el desarrollo de la situación evaluada).

³ **Capital humano** entendido como: conocimiento, capacidades, habilidades y estrategias de adaptación; **capital social** como: estructuras de gobernabilidad, capacidad de toma de decisiones, instituciones comunitarias, cultura, procesos y participación (Helmore y Singh 2001).

Cuadro 1.
Principios y criterios desarrollados para la evaluación de la restauración del paisaje en Hojancha

| Dimensión | Principio | Criterio | Indicador | Aspecto |
|-----------------------|--|--|--|--------------------|
| Biofísica | P1. La restauración y el mantenimiento de las características y funciones ecológicas son elementos vitales del proceso de restauración del paisaje. | C1.1 Los patrones de uso de la tierra del paisaje proveen condiciones favorables para el mantenimiento de las funciones y características ecológicas de los ecosistemas recuperados. | 1.1.1 Composición y estructura del paisaje | Resultado |
| | | | 1.1.2 Conectividad entre tipos de cobertura | Resultado |
| | | | 1.1.3 Diversidad de la flora | Resultado |
| | | | 1.1.4 Diversidad de la fauna | Resultado |
| Social y económica | P2. El paisaje contribuye a la sostenibilidad de las estrategias de vida de las comunidades a nivel local y de finca. | C2.1 El manejo del paisaje genera bienes y servicios ambientales que se aprovechan localmente. | 2.1.1 Aprovechamiento del agua, según uso | Resultado |
| | | | 2.1.2 Servicios de ecoturismo que aprovechan valores escénicos y de amenidad del paisaje | Resultado |
| | | | 2.1.3 Aprovechamiento y uso de productos maderables y no maderables del paisaje | |
| | | | 2.1.4 Otros beneficios por los servicios ambientales que provee el paisaje (apicultura) | |
| | | C2.2 El manejo del paisaje genera bienes y servicios ambientales que se aprovechan en la finca. | 2.2.1 Aprovechamiento del agua, según uso | Resultado |
| | | | 2.2.2 Servicios de ecoturismo que aprovechan valores escénicos y de amenidad del paisaje | Resultado |
| | | | 2.2.3 Aprovechamiento y uso de productos maderables y no maderables del paisaje | Resultado |
| | | | 2.2.4 Otros beneficios por los servicios ambientales que provee el paisaje (apicultura) | |
| | | C2.3 Los costos y beneficios de la restauración del paisaje se distribuyen equitativamente. | 2.3.1 Mecanismos de compensación económica por implementar acciones de conservación | Condición -Proceso |
| | | C2.4 La restauración del paisaje disminuye la vulnerabilidad a los desastres naturales. | 2.4.1 Baja vulnerabilidad a incendios forestales | Resultado |
| Institucional y legal | P3. Las instituciones y las políticas locales y nacionales propician y apoyan usos de la tierra que son compatibles con la restauración del paisaje. | C3.1 Las políticas nacionales promueven y apoyan usos de la tierra y actividades que son compatibles con la restauración del paisaje. | 3.1.1 Políticas que promueven y apoyan la restauración del paisaje | Condición |
| | | C3.2 Las instituciones externas promueven y apoyan usos de la tierra y actividades que son compatibles con la restauración del paisaje. | 3.2.1 Proyectos y acciones de instituciones externas que promueven la restauración del paisaje | Condición |
| | | C3.3 Las instituciones locales facilitan y promueven proyectos y acciones compatibles con la restauración del paisaje. | 3.3.1 Capacidad de las instituciones locales de gestionar y desarrollar proyectos que promueven o permiten la restauración del paisaje | Proceso |
| | | | 3.3.2 Coordinación y convergencia de las acciones de las distintas organizaciones locales | Proceso |
| | | | 3.3.3 Oportunidades para el acceso a crédito | Condición |

que las intervenciones respondían a sus expectativas; ii) se planificaba en conjunto con las organizaciones locales; iii) los proyectos se iban encadenando y complementando, así se sumaban esfuerzos y se retomaban las estrategias claves del proyecto anterior; iv) siempre hubo participación de técnicos y profesionales de la región en todos los niveles (desde decisores hasta técnicos); v) la mayoría de intervenciones tenían entre sus estrategias el fortalecimiento de las organizaciones locales para la ejecución y sostenibilidad de acciones; iv) la experimentación, investigación y difusión del conocimiento se generaba desde y para el productor (y en sus propias fincas).

Otra condición identificada es la existencia de **mecanismos de compensación** para implementar acciones de conservación a través de los programas de incentivos forestales y pago por servicios ambientales (PSA) de Costa Rica. La aplicación de estos ha tenido un importante efecto en el cambio de cobertura del paisaje; así, entre 1995 y el 2002 se protegieron 3868 ha de bosque bajo la modalidad de Certificado de Protección del Bosque (CPB) y se reforestaron 2214 ha bajo las modalidades de Certificado de Abono Forestal (CAF) y Certificado de Abono Forestal por Adelantado (CAFA). Es decir que el 23,3% del área del cantón (6082 ha), se ha restaurado mediante estos mecanismos de compensación. En términos económicos, entre 1997 y 2002 se invirtieron US\$651.426 para reforestar con CAF y CAFA; para CPB se invirtieron US\$325.129. El pago por servicios ambientales es parte de la inversión que ha realizado Costa Rica por la conservación y la recuperación de la cobertura forestal del país y su biodiversidad (MINAE 2002).

Finalmente, se identificó que la oportunidad del **acceso a créditos** en el cantón ha permitido al productor obtener capital para el desarrollo de sus actividades productivas, e inser-

tarse en el modelo de desarrollo de la región. Actualmente, tres organismos ofrecen créditos en el cantón: la Cooperativa de Caficultores Coopepilangosta, el Centro Agrícola Cantonal de Hojanca (CACH) y la agencia del Banco Nacional de Costa Rica.

Los resultados de la restauración del paisaje en Hojanca se evidencian en la composición y estructura del paisaje, la conectividad entre tipos de cobertura, la diversidad de flora y fauna, la disminución de la vulnerabilidad ante amenazas naturales y los bienes y servicios ambientales que genera el paisaje.

Procesos para la restauración del paisaje en Hojanca. Los procesos que facilitaron y promovieron la restauración del paisaje en Hojanca fueron la capacidad de las instituciones locales de gestionar y desarrollar proyectos y la coordinación y convergencia de las acciones de las organizaciones locales. Ambos indicadores se ubican dentro del criterio de institucionalidad. Bajo esta visión, los procesos de institucionalidad desarrollados en Hojanca se pueden explicar a partir de las cinco dimensiones propuestas por Bastiaensen y Vaessen (2002) para analizar la naturaleza de la estructura social como conjunto de organizaciones y redes sociales y en las cuales las reglas funcionan y se reproducen.

■ **Acceso a flujos de información:** Una comunidad informada es una comunidad con mayor posibilidad

de toma de decisiones. En este sentido, la comunidad de Hojanca ha desarrollado estrategias que han facilitado el flujo de información. Así por ejemplo, las actividades se concertaron y planificaron a nivel interinstitucional y se dio una relación directa entre los proyectos y el productor; asimismo, los extensionistas eran habitantes de la zona y en todo momento los investigadores contaron con acompañamiento para el trabajo de campo. De otro lado, el hecho de que los productores generalmente están asociados a alguna organización facilita el flujo de información a través de estas.

■ **Imposición de contratos:** Culturalmente Hojanca tiene una serie de normas sociales, producto de sus arraigadas costumbres católicas, que han impuesto un “buen comportamiento” siempre pensando en el bien común; esto influye en la asimilación y respuesta de la comunidad ante cualquier tipo de intervención externa. Así, actualmente la conservación de los recursos es un concepto y una forma de actuar ya internalizada en la población, por lo cual es “mal visto”, por ejemplo, talar el bosque o no proteger los recursos en las fincas.

■ **Acción colectiva local:** En la comunidad existe la necesidad de coordinación y cooperación para la producción y mantenimiento de bienes públicos locales. En este sentido, los principales factores que han consolidado esta relación son la cadena y continuidad de liderazgos, la dinámica de planificación conjunta y la existencia de organizaciones especializadas.

■ **Apoyo informal mutuo:** Los mecanismos de reciprocidad social en el tiempo se dan en Hojanca principalmente porque es un cantón relativamente nuevo (las primeras colonizaciones se dieron hace apenas 40 años). Es decir que la mayoría de los pobladores son

descendientes de los colonizadores y normalmente tienen relaciones de parentesco entre ellos. El arraigo por la tierra que los padres o abuelos trabajaron genera un sentido de pertenencia y amor que les hace cuidar y trabajar en beneficio de su región.

- Sinergia con actores exteriores: Para el desarrollo local no solo es importante tener buenas relaciones dentro de la comunidad, sino también disponer de buenas relaciones con actores externos. Para el caso de Hojancha, los contactos a nivel de decisores políticos y la fuerza que han podido ejercer en estas esferas han facilitado la creación de proyectos en beneficio de la comunidad.

Resultados de la restauración del paisaje en Hojancha. Los resultados de la restauración del paisaje en Hojancha se evidencian en la composición y estructura del paisaje, la conectividad entre tipos de cobertura, la diversidad de flora y fauna, la disminución de la vulnerabilidad ante amenazas naturales y los bienes y servicios ambientales que genera el paisaje. Hay que tener cuidado, sin embargo, con la interpretación de los resultados relacionados con los cambios en la composición y estructura, principalmente por las dificultades metodológicas y falta de comprobación en campo. No obstante, el cambio de coberturas, principalmente de pasturas a bosques, es evidente. Para el año 1998, el bosque secundario había aumentado de 19,8% a 34,8%, en tanto que las áreas de pasturas habían disminuido de 51,6% a 43,7%. Aunque la diferencia parezca poca se destaca el hecho de que, más que su área total, disminuyó el promedio de área de los parches y que la cobertura que más disminuyó fueron los pastos sin árboles. Esto es importante si se considera que los árboles aislados en potreros contribuyen al aumento de la riqueza de especies en estos hábitats, además de servir como reservorios de especies nativas y como resguardo

para especies dispersoras de semillas, como las aves y los murciélagos (Guevara *et al.* 1992).

En general, el paisaje de Hojancha se puede considerar como fragmentado según la clasificación de McIntyre y Hobbs (1997), ya que entre 10 y 60% del hábitat natural remanente se encuentra distribuido en muchos fragmentos pequeños y medianos y corredores a lo largo de ríos y carreteras; tales fragmentos están poco conectados y con alto grado de modificación. En cuanto a la diversidad de flora y fauna, se han hecho inventarios que permiten tener un conocimiento sobre la diversidad del área; sin embargo, no se cuenta con investigaciones científicas en este sentido. Este indicador es difícil de valorar ya que no existe información de años anteriores, ni mucho menos un sistema de monitoreo que permita determinar el verdadero aumento o disminución de la biodiversidad en el área.

Con respecto a los bienes y servicios ambientales a nivel local y de finca, la información recolectada permitió determinar el beneficio a nivel local (del cantón) más que a nivel de finca. En este aspecto, los principales bienes y servicios identificados fueron: el aprovechamiento y uso del recurso agua, el aprovechamiento y uso de recursos maderables y no maderables (semillas), la producción de miel y el desarrollo de actividades ecoturísticas que aprovechan la belleza escénica del paisaje. En productos maderables, el aserradero del CACH generó ventas por 120 millones de colones en el año 2001 (US\$332.000⁴). En productos no maderables, el Banco de Semillas del CACH exporta semillas a Centroamérica, México, Brasil, Colombia, Ecuador, Argentina, Chile y Hawai; para el periodo 2001-2002 generó ventas por 42 millones de colones⁵ (US\$116.000⁴).

Sistematización. El objetivo de la sistematización fue conocer y comprender la experiencia de las

acciones desarrolladas a nivel social e institucional en el proceso de la restauración del paisaje en el cantón de Hojancha. El eje temático fue el aspecto de la organización de la comunidad y su relación con las acciones que han permitido la restauración del paisaje. La Fig. 2 resume la sistematización; el recuadro amarillo es la primera etapa 'Situación inicial': la degradación del paisaje; el azul es la segunda etapa 'La intervención': acciones para restaurar y el verde la tercera etapa 'Situación actual': el paisaje restaurado. Cada etapa se divide en momentos claves y características (círculos y cuadrados, respectivamente). Más detalles en Salazar (2003).

Conclusiones

El enfoque metodológico de principios, criterios e indicadores permitió puntualizar y, sobre todo, organizar la información tan dispersa en el contexto histórico de la región de Hojancha. Además, permitió construir el concepto de la restauración a escala de paisaje.

Sistematizar la experiencia de las acciones desarrolladas a nivel social e institucional en el proceso de la restauración del paisaje en el cantón de Hojancha permitió, por un lado, identificar factores históricos que no fueron evaluados por los indicadores y, por otro lado, confirmar y complementar información evaluada con el estándar. Organizar y dividir el proceso en momentos y etapas facilitó percibir la evolución de la historia de la comunidad y su relación con la restauración del paisaje. La sistematización fue un complemento útil y práctico para el entendimiento de las relaciones que encadenan los resultados puntuales de los indicadores. De esta forma, para estudios a escala de paisaje se considera apropiada la metodología que integra la obtención de información mediante PC&I y la sistematización.

⁴ Valor calculado con el promedio del tipo de cambio al último día de cada mes del año 2001. \$1 = ₡360,92.

⁵ Comparando con periodos anteriores, las ventas han aumentado. En el periodo 1998-1999 se vendieron ₡18 millones, ₡19 millones en 1999-2000 y ₡27 millones en 2000-2001.

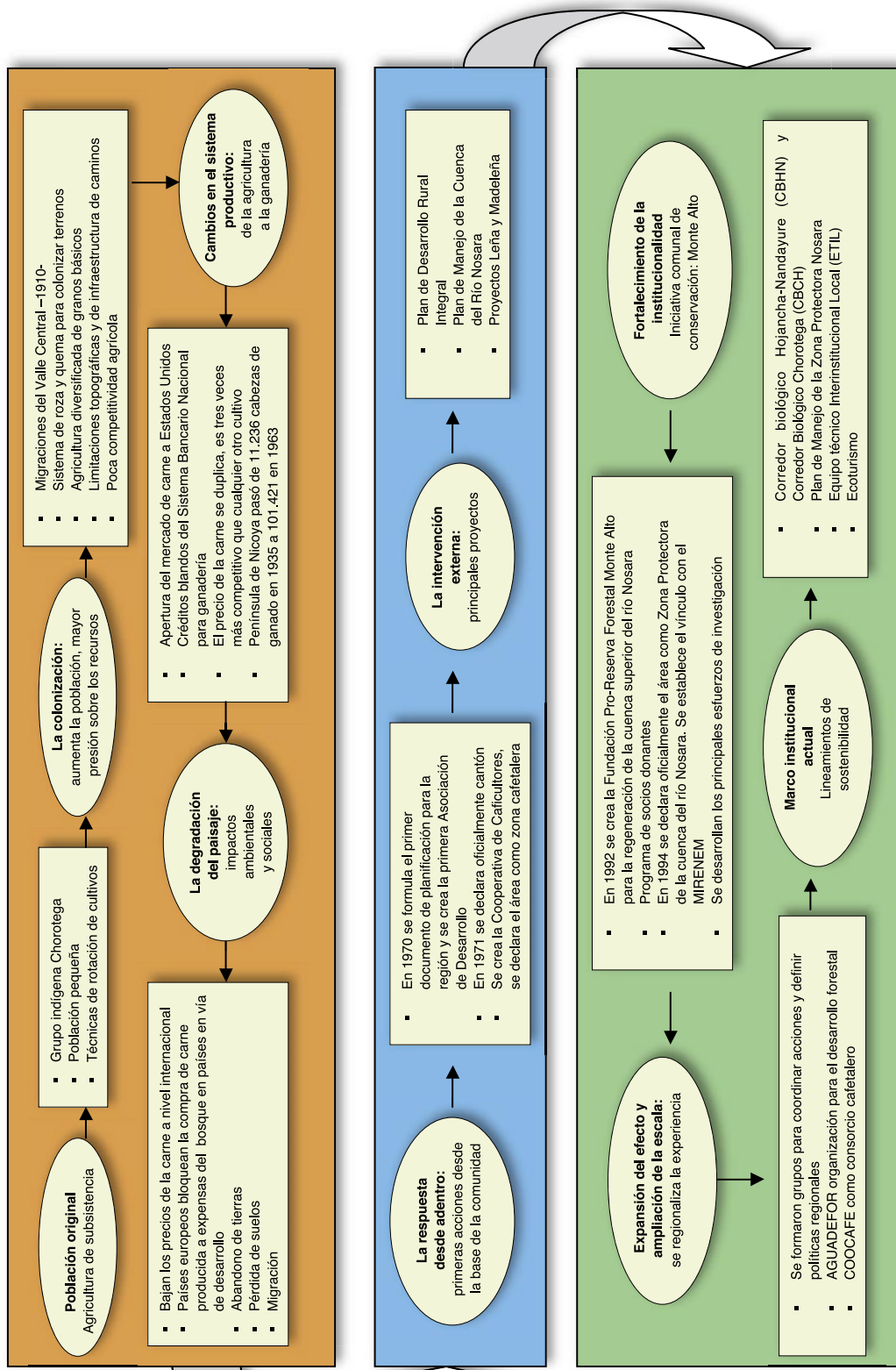


Figura 2. Sistematización de las experiencias y acciones desarrolladas a nivel social e institucional en el proceso de la restauración del paisaje en Hojancha

El enfoque a escala de paisaje permitió tener una visión amplia e integradora del proceso de restauración en Hojancha; sin embargo, a la hora del análisis se puede perder la perspectiva de lo local. Se hacen evidentes los vacíos a una escala menor, así como la dificultad de evaluar tendencias en el tiempo. El principal vacío a nivel metodológico fue la no valoración de indicadores, lo que no permitió identificar las variables de mayor o menor relevancia ni conocer la correlación entre ellas.

La restauración del paisaje de Hojancha incluyó acciones de remplazo, rehabilitación y restauración. En términos de remplazo se establecieron plantaciones forestales en áreas degradadas; en cuanto a rehabilitación se implementaron sistemas agroforestales y se incorporó el componente arbóreo en pasturas. Con respecto a la restauración, aunque no se hicieron labores planeadas con este objetivo específico, las áreas abandonadas han sido dejadas en sucesión natural. Como resultado, se puede decir que la recuperación del paisaje se ha dado en términos de funciones de los ecosistemas y de los servicios que generan para la comunidad.

La restauración del paisaje en Hojancha se caracteriza por haber sido un proceso adaptativo. En este sentido, se destaca el hecho de que las primeras acciones por parte de la comunidad buscaron recuperar la capacidad productiva del área y generar empleo. Es decir que existía una visión a largo plazo; sin embargo, las estrategias y actividades se fueron desarrollando de forma adaptativa, a partir de factores y oportunidades de actores externos y de la capacidad y habilidad de los actores internos. En relación con el cambio de uso del suelo, la restauración del paisaje en Hojancha ha respondido a las tendencias de políticas y mercados a nivel nacional e internacional. Es evidente, entonces, que la sostenibilidad de la restauración podría estar siempre sujeta a cambios.


Recomendaciones

Este estudio genera una línea base para continuar estudios en el área, principalmente de tipo ecológico, ya que en este campo existen grandes vacíos de información. Asimismo se deben hacer estudios de los beneficios y costos de la restauración a nivel de fincas.

En términos metodológicos se sugiere ajustar al estándar y probarlo en diferentes contextos, con el fin de obtener principios, criterios e indicadores aplicables en otros estudios para evaluar la restauración a escala de paisaje.

Con base en los resultados obtenidos, se recomienda considerar los siguientes aspectos para futuras iniciativas de restauración a escala de paisaje: crear consenso entre el objetivo y las estrategias de la restauración con la participación de los diferentes

actores; identificar las limitaciones y potenciales del área en todos sus aspectos; alentar el apoyo externo; vincularse con iniciativas existentes a nivel regional; conocer y aplicar la legislación y apoyarse en políticas vigentes; fortalecer el capital social y humano de la comunidad; promover la coordinación y capacidad de gestión de las instituciones locales; identificar los bienes y servicios que genera el paisaje y valorar su relación con la comunidad; consolidar la organización y la institucionalidad local; actuar de manera adaptativa y promover y divulgar los resultados de la experiencia.

Para el cantón de Hojancha, se recomienda desarrollar un estudio para evaluar la sostenibilidad de la restauración, involucrando a representantes de todos los sectores de la comunidad. 

Literatura citada

- Almendares, RJ; Ávila, D. 2002. Sistematización de experiencias seleccionadas del Proyecto CATIE TRANSFORMA en Honduras. La Ceiba, Atlántida, HN, CATIE. 67 p.
- Bastiaensen, J; Vaessen, J. 2002. Instituciones locales, financiamiento y desarrollo rural: un marco conceptual. In Bastiaensen, J. ed. Crédito para el desarrollo rural en Nicaragua, un enfoque institucional sobre la experiencia del Fondo de Desarrollo Local, Nitaplan, NI, UCA. 171 p.
- Berdégúe, J; Ocampo, A; Escobar, G. 2000. Sistematización de experiencias locales de desarrollo agrícola y rural. Guía metodológica. PREVAL-FIDAMERICA. 31 p. Consultado en 09/2003. <http://www.fondominkachorlavi.org>
- Gottret, MV; White, D. 2001. Assessing the Impact of Integrated Natural Resource Management: Challenges and Experiences. Memorias Conferencia Internacional Henry Wallace realizada en Turrialba, Costa Rica en marzo, 2003. Turrialba, CR, CATIE.
- Guevara, S; Meave, J; Moreno-Casasola, P; Laborde, J. 1992. Floristic composition and structure of vegetation under isolated trees in neotropical pastures. *Journal of Vegetation Science* 3: 655-664.
- Helmore, K; Singh, N. 2001. Sustainable Livelihoods: Building on the wealth of the poor. USA, Kumaria Press. 28 p.
- ITTO. 2002. Guidelines for the Restoration of Degraded Primary Forests, the Management of Secondary Forests and the Rehabilitation of Degraded Forest Land in Tropical Regions. Consultado el 08/2003. http://www.itto.or.jp/ittcdd_ses/thirty_second_sessions.html
- Jara, O. 1994. Para sistematizar experiencias. In Ayales, I. ed. ¿Cómo lo hicimos?: ideas para una sistematización participativa; experiencias de uso comunitario sostenible de vida silvestre. San José, CR, UICN. 48 p.
- Lammerts van Bueren, EM; Blom, E. 1997. Hierarchical framework for the formulation of sustainable forest management stands. Leiden, The Netherlands, Tropenbos Foundation. 82 p.
- McIntyre, S; Hobbs, R. 1997. A framework for conceptualizing human effects on landscape and its relevance to management and research models. *Conservation Biology* 13(6): 1282-1292.
- MINAE. 2002. El éxito forestal de Costa Rica en cinco casos. San José, CR, Comisión de Seguimiento del Plan Nacional de Desarrollo Forestal. 60 p.
- Prins, K. 2003. Notas del curso la Nueva Institucionalidad Rural. Turrialba, CR, CATIE.
- Salazar, M. 2003. Evaluación de la restauración del paisaje en el cantón de Hojancha, Guanacaste, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 98 p.
- Smith, J; Mourato, S; Veneklaas, E; Labarta, R; Reategui, R; Sánchez, G. 1997. Willingness to Pay for Environmental Services among Slash-and-Burn Farmers in the Peruvian Amazon: Implications for Deforestation and Global Environmental Markets. CIFOR. Joint CSERGE/CIAT/ICRAF Working Paper. CSERGE, University College London. 11 p.
- UICN-WWF. 2002. International Meeting on Forest Landscape Restoration. International Union For Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN)-World Wildlife Fund (WWF). San José, Costa Rica. Consultado el 11/2002. <http://www.iucn.org/themes/fcp/activities/flr2.html>

Diversidad, composición y estructura de la vegetación en un paisaje fragmentado de bosque seco en Rivas, Nicaragua

Dalia Sánchez Merlo

*Fundación Cocibolca, Managua, Nicaragua
dsanchez@catie.ac.cr*

Celia A. Harvey

CATIE. charvey@catie.ac.cr

Alfredo Grijalva

*Herbario Nacional de Nicaragua,
Universidad Centroamericana
Managua, Nicaragua. herbarionacional@ns.
uca.edu.ni*

Arnulfo Medina

*Fundación Cocibolca, Managua, Nicaragua
arfitoria@hotmail.com*

Sergio Vílchez

*Fundación Cocibolca, Managua, Nicaragua
tipitapa13@hotmail.com*

Blas Hernández

*Fundación Cocibolca, Managua, Nicaragua
reise3us@yahoo.com*



Foto: Arnulfo Medina.

El agropaisaje de Rivas (a pesar de lo degradado y fragmentado) tiene potencial para la conservación y restauración del bosque seco en Nicaragua. Para ayudar a la conservación de los árboles en la región, se recomienda promover proyectos de plantación de especies nativas maderables, frutales y leñosas, para así disminuir la presión sobre los parches de bosque y facilitar la regeneración natural en esta zona.



Foto: Proyecto Fragment.

Resumen

Se comparó la diversidad, composición y estructura de la vegetación en seis tipos de hábitat (bosque secundario, bosque ripario, charral, cerca viva, potreros con alta y con baja cobertura arbórea) en un paisaje fragmentado de bosque seco en Rivas, Nicaragua. En parcelas temporales establecidas en cada tipo de hábitat se registraron 2362 individuos de 146 especies arbóreas y 50 familias. Las especies más abundantes en cuanto al número de individuos fueron *Cordia alliodora*, *Guazuma ulmifolia*, *Gliricidia sepium*, *Myrospermum frutescens* y *Calycophyllum candidissimum*. Hubo diferencias importantes en la abundancia, riqueza, diversidad, estructura y composición florística entre hábitats. Los bosques riparios tuvieron un mayor número de especies arbóreas y una mayor abundancia de árboles. Los bosques secundarios y charrales mostraron una riqueza intermedia de especies arbóreas y los potreros presentaron la riqueza más baja. El estudio demostró que el agropaisaje de Rivas (a pesar de lo degradado y fragmentado) aún conserva algunas especies arbóreas típicas del bosque original y tiene potencial para la conservación y restauración del bosque seco en Nicaragua. Se resalta la importancia del bosque secundario y ripario para conservar la diversidad florística en agropaisajes.

Palabras claves: Vegetación; bosque secundario; bosque seco; bosque fragmentado; paisaje; composición botánica; cobertura arbórea; Rivas, Nicaragua.

Summary

Diversity, composition and structure of vegetation in a fragmented landscape of dry forest in Rivas, Nicaragua. Diversity, composition and structure of vegetation in six types of habitat (secondary forest, riparian forests, *charral*, live fence, and pastures with high and low tree cover) was compared in a fragmented landscape of dry forest in Rivas, Nicaragua. Temporary plots were established in each type of habitat, and a total amount of 2,362 individuals of 146 tree species (50 families) were registered. The most abundant species were *Cordia alliodora*, *Guazuma ulmifolia*, *Gliricidia sepium*, *Myrospermum frutescens*, and *Calycophyllum candidissimum*. There were important differences in abundance, richness, diversity, and floristic composition among habitats. Riparian forests had the highest number of tree species and higher tree abundance. Secondary forests and *charral* showed an intermediate tree species richness, and pastures had the lowest species richness. The study suggests that agricultural landscapes still retain some tree species typical of natural forests and could play a potential role in the conservation and restoration of tropical dry forests in Nicaragua. It also highlights the importance of remnant secondary forests and riparian forests in conserving floristic diversity within agricultural landscapes.

Keywords: Vegetation; secondary forest; dry forest; fragmented forest; landscape; botanical composition; forest cover; Rivas, Nicaragua.

La mayoría de los paisajes en Centroamérica han sido deforestados y fragmentados por la conversión a la agricultura. En la actualidad, el bosque seco de Nicaragua se encuentra dramáticamente alterado con grandes áreas deforestadas y convertidas a potreros. Se estima que menos del 1% de bosque seco persiste y prácticamente nada en estado natural (Stevens 2001). Esta deforestación y fragmentación viene provocando una serie de

impactos en la evolución de la vegetación; por ejemplo, es probable que muchos de los árboles dominantes del bosque no se estén reproduciendo en forma efectiva, ya sea porque el clima actual es muy seco para el establecimiento de los semilleros, porque los semilleros mueren debido a las quemaduras frecuentes o al pastoreo del ganado, o porque no hay suficientes animales dispersores de semillas. Por otro lado, la deforestación de grandes áreas y la extracción de madera y

leña han reducido las poblaciones de muchas especies arbóreas y amenazan su supervivencia a largo plazo.

En los paisajes deforestados y dominados por la agricultura aún existe alguna cobertura arbórea remanente en forma de pequeños parches de bosque, cercas vivas o árboles dispersos. Estos árboles remanentes pueden haber sido sembrados, ser relictos del bosque original, o haber aparecido por regeneración natural. La cobertura arbórea

en los paisajes fragmentados podría ser importante para la conservación de la biodiversidad porque representa los remanentes de la vegetación original, ya desaparecida en las áreas agrícolas. Además, ofrece hábitat y alimento para algunas especies de animales, mejora las condiciones microclimáticas locales, actúa como zona de amortiguamiento y ayuda a mantener cierto nivel de conectividad entre paisajes agrícolas (Guevara *et al.* 1998, Harvey *et al.* 2004a). Sin embargo, a pesar de su importancia potencial para la conservación, existe muy poca información sobre la composición de la cobertura arbórea en paisajes agrícolas en los trópicos, y aún menos información sobre la flora en agropaisajes de Nicaragua, donde la flora ha sido poco estudiada (Gillespie *et al.* 2000).

Para conocer el estado actual de la vegetación en agropaisajes e identificar las oportunidades de cómo aprovechar esta cobertura para esfuerzos de conservación y restauración, hemos caracterizado la vegetación presente en un agropaisaje de bosque seco en Belén, Rivas, Nicaragua. Los objetivos específicos del estudio fueron: 1) caracterizar la diversidad, composición y estructura de la vegetación en seis tipos de hábitat (bosque secundario, bosque ripario, charral, cerca viva, potrero con alta cobertura arbórea y potrero con baja cobertura arbórea); 2) comparar la diversidad, composición y estructura de la vegetación entre los diferentes hábitats. Esta caracterización es el primer paso para determinar la posibilidad de mantener la biodiversidad dentro de estos paisajes. Además, permite comparar el valor para la conservación de diferentes tipos de cobertura arbórea y contribuye al conocimiento general de la flora de Nicaragua.

El sitio de estudio

El estudio se realizó en el departamento de Rivas, municipio de Belén,

ubicado entre las coordenadas 11°30' Norte y 85°53' Oeste. Según Holdridge (1987), el sitio corresponde a la zona de vida bosque seco tropical. La temperatura media anual es superior a 27°C con una precipitación media anual de 1400 mm; la elevación oscila entre 100 y 200 msnm (INETER 2000).

Los pobladores se dedican a la agricultura de cultivos anuales y perennes y a la ganadería en menor grado (Gómez *et al.* 2004). Según la interpretación de una foto aérea del año 1996, los potreros ocupan el mayor porcentaje de uso de suelo (56,7%), seguidos por pequeños fragmentos de bosque (0,5 ha – 10 ha) a lo largo de ríos o en pendientes mayores a 45°; estos fragmentos ocupan un poco más del 10% del total del área estudiada.

Metodología

Muestreo

A partir de la fotointerpretación, se escogieron seis tipos de hábitat principales (se seleccionaron al azar un total de ocho unidades de mues-

treo, para un total de 48 parcelas). Para cada hábitat se definieron algunos criterios básicos que aseguraran que la parcela de muestreo pudiera caber en cada hábitat (Cuadro 1).

En los bosques secundarios, charrales, potreros con alta y baja cobertura se estableció una parcela de 0,1 ha (20x50 m, Fig. 1a) para medir todos los árboles con dap \geq a 10 cm; además, se anotaron algunos aspectos fenológicos como presencia de flores, frutos y semillas. Si no se logró identificar el árbol en el campo, se colectó una muestra para identificarla en el Herbario Nacional de Nicaragua. Dentro de cada parcela de 0,1 ha se establecieron tres subparcelas de 5x10 m (0,005 ha) para identificar todos los individuos leñosos con altura mayor a 1,5 m y árboles con dap \leq a 10 cm. Estas subparcelas se ubicaron en dos esquinas opuestas de la parcela y una en el centro (Fig. 1a).

En los bosques riparios se utilizó una forma diferente de parcela dado que estos no eran suficientemente anchos para contener las parcelas de

Cuadro 1.
Criterios utilizados para la selección de los hábitats

| Hábitat | Descripción general | Criterios utilizados en la verificación de campo |
|------------------------------|---|--|
| Bosque secundario (BS) | Bosque secundario originado por regeneración natural | Tamaño mínimo 100x100 m, estrato de sotobosque presente, altura promedio mínima de 15 m |
| Bosque ripario (BR) | Vegetación a la orilla de los ríos | 350 m de largo, 10 m mínimo de ancho o 5 m a ambos lados del cauce |
| Charrales (CH) | Áreas que se dejan en descanso después de cultivar la tierra, regeneración natural | Tamaño mínimo 100x100 m y altura entre 3 y 10 m |
| Cercas vivas (CV) | Líneas de árboles sembradas por los productores o establecidas por regeneración natural bajo cercos | 350 m de largo; se excluyeron las cercas a la orillas de caminos transitados |
| Potrero alta cobertura (PAC) | Potreros que antes fueron charrales o bosques secundarios | Cobertura arbórea de 16 – 25%, tamaño 100x100 m, definidos con base en la distribución de frecuencias de cobertura |
| Potrero baja cobertura (PBC) | Potreros que antes fueron charrales o bosques secundarios | Cobertura arbórea de 1 – 5%, los demás criterios igual que PAC |

20x50 m, aunque el área total muestreada fue igual que en los demás hábitats. Se estableció una parcela de 100x10 m (0,1 ha) para medir todos los árboles con dap \geq a 10 cm y tres subparcelas de 5x10 m (0,005 ha, Figura 1b) para medir todos los árboles y arbustos leñosos con dap \leq a 10 cm.

En cercas vivas se hizo un censo total de los árboles con dap \geq a 10 cm en 350 m lineales (Fig. 1b). En los potreros con alta y baja cobertura arbórea se establecieron parcelas adicionales de 100x100 m (1 ha) para medir todos los árboles con dap \geq a 10 cm y tener una mejor caracterización del sistema. Para caracterizar cada hábitat se seleccionaron cinco puntos aleatorios en cada parcela; allí se midió la altura del dosel y se calculó un promedio. El muestreo se realizó de abril 2002 a enero 2003. Cada tipo de hábitat se muestreó en periodos de 4-6 semanas. El orden del muestreo y la parcela muestreada fue aleatorio.

Análisis de datos

Para cada parcela, se registró el número total de individuos y el número total de especies. Además, para cada una de las parcelas se calcularon los índices de diversidad de Shannon¹ (calcula la diversidad de especies) y equitatividad² (indica en qué medida las especies son abundantes por igual), con el programa estadístico Infostat v. 4 (Robledo *et al.* 2000).

Con el análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Duncan se determinaron las diferencias estadísticas entre hábitats en cuanto a abundancia, riqueza, índice de Shannon y equitatividad. La prueba de Kolmogorov – Smirnov & Shapiro – Wilk se utilizó para determinar la normalidad de los datos, mediante el programa estadístico SAS v. 8 (1999). En la comparación entre hábitats no se incluyeron las



Foto: Proyecto Fragment.

La mayoría de los paisajes boscosos en Nicaragua han sido deforestados y fragmentados, lo cual conlleva a una pérdida de biodiversidad. Agropaisaje de Rivas, Nicaragua

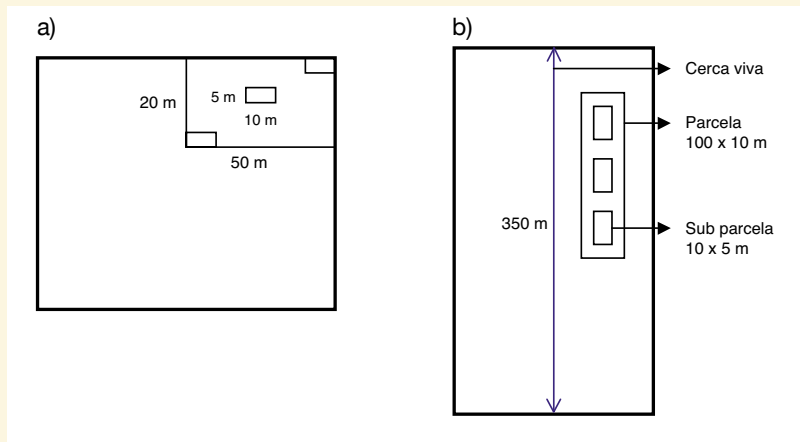


Figura 1. Parcela de muestro de vegetación en a) bosques secundarios, charrales, potreros con alta y baja cobertura arbórea (parcela de 20x50 m y subparcelas de 5x10 m); b) bosques riparios (parcela 100x10 m y subparcelas de 5x10 m) y cercas vivas de 350 m lineales

cercas vivas porque el área muestreada fue distinta a los demás hábitats (350 m lineales, comparado con parcelas de 0,1 ha).

Para comparar la composición de las especies encontradas en cada hábitat, se calculó el coeficiente de similitud de especies de Jaccard entre

¹ Índice de diversidad de Shannon $H = - \sum p_i \ln p_i$ donde: p_i = es la proporción de individuos hallados en la especie i -ésima y \ln = logaritmo natural.

² Índice de equitatividad $E = H' / H'_{max} = H' / \ln S$ expresa que H' es relativo al valor máximo, que H' puede obtener cuando todas las especies en la muestra están perfectamente uniformes con un individuo por especie (ej., $\ln S$).

pares de hábitat (Magurran 1998). Además, se generaron curvas de acumulación de especies utilizando el programa estadístico Biodiversity Pro (McAleece *et al.* 1997) y se calculó la altura promedio y el área basal en m²/ha (dap²x π/4x10000) con Infostat v. 4 (Robledo *et al.* 2000). Se utilizó el índice de Clench (especies acumuladas = a*abundancia)/(1+(b*abundancia) para calcular el número de especies totales esperadas para el paisaje utilizando el programa estadístico Infostat v. 4 (Robledo *et al.* 2000).

Resultados generales del paisaje

En total, se muestrearon los árboles en 40 parcelas de 0,1 ha, 40 subparcelas de 0,005 ha, censos totales en ocho cercas vivas de 350 m lineales y censos totales en 16 potreros de 1 ha. Se registraron 2362 individuos de 146 especies (el índice de Clench

estimó una riqueza total de 157 especies para el paisaje) y 50 familias. De estos individuos, el 67,5% (1595 individuos) tuvieron un dap >10 cm y 32,4% (767 individuos) dap <10 cm.

Las especies más abundantes, en cuanto al número de individuos, fueron: *Cordia alliodora* (192 ind., 8,1% del total), *Guazuma ulmifolia* (166 ind., 7,0%), *Gliricidia sepium* (117 ind., 4,9%), *Myrospermum frutescens* (112 ind., 4,7%) y *Calycophyllum candidissimum* (92 ind., 3,8%). Estas cinco especies juntas representaron el 28,7% de los individuos totales.

De las 146 especies registradas, 12 tuvieron más de 50 individuos (Cuadro 2). Las especies menos comunes que reportaron solamente un individuo para todos los hábitats fueron *Bunchosia nitida*, *Manilkara chicle*, *Neea fagifolia*, *Phyllanthus acuminatus* y *Siparuna thecaphora*. Solamente

nueve de las especies ocurrieron en todos los hábitats: *Acacia collinsii*, *Guazuma ulmifolia*, *Tabebuia rosea*, *Calycophyllum candidissimum*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Bursera simaruba*, *Simarouba amara*, *Cordia alliodora* y *Karwinskia calderonii*. Las familias mejor representadas en el paisaje según el número de especies fueron Fabaceae (15 spp, 13,9%), Mimosaceae (11 spp, 8,1%) y Caesalpinaceae (10 spp, 2,3%).

Se encontró un total de 231 individuos de 41 especies con flores y 267 individuos de 52 especies con frutos. El mayor número de especies florecieron y fructificaron durante la estación seca (principalmente en el mes de abril, cuando hubo 18 spp con flores y 22 spp con frutos). Las especies más comunes que se encontraron floreciendo fueron *C. alliodora* (67 individuos) y *B. crassifolia* (35 individuos).

Cuadro 2.

Resumen de las 12 especies más comunes en el paisaje de Rivas, Nicaragua (con base en 2362 individuos muestreados con ≥/≤10 cm dap)

| Especie | BS | BR | CH | PAC | PBC | CV | Total | % |
|------------------------------------|----|----|----|-----|-----|----|-------|-----|
| <i>Cordia alliodora</i> | 14 | 2 | 14 | 137 | 19 | 6 | 192 | 8,1 |
| <i>Guazuma ulmifolia</i> | 25 | 24 | 39 | 41 | 21 | 16 | 166 | 7,0 |
| <i>Gliricidia sepium</i> | 16 | 0 | 1 | 33 | 11 | 56 | 117 | 4,9 |
| <i>Myrospermum frutescens</i> | 6 | 0 | 27 | 37 | 24 | 18 | 112 | 4,7 |
| <i>Calycophyllum candidissimum</i> | 31 | 37 | 18 | 2 | 3 | 1 | 92 | 3,8 |
| <i>Acacia collinsii</i> | 8 | 10 | 21 | 12 | 12 | 6 | 69 | 2,9 |
| <i>Cochlospermum vitifolium</i> | 28 | 4 | 26 | 2 | 0 | 0 | 60 | 2,5 |
| <i>Spondias mombin</i> | 18 | 19 | 2 | 8 | 1 | 9 | 57 | 2,4 |
| <i>Thouinidium decandrum</i> | 11 | 32 | 6 | 0 | 0 | 6 | 55 | 2,3 |
| <i>Simarouba amara</i> | 7 | 26 | 4 | 9 | 4 | 1 | 51 | 2,1 |
| <i>Cordia dentata</i> | 0 | 4 | 1 | 3 | 2 | 40 | 50 | 2,1 |
| <i>Pachira quinata</i> | 4 | 4 | 0 | 2 | 0 | 40 | 50 | 2,1 |

BS: bosque secundario; BR: bosque ripario; CH: charral; PAC: potrero alta cobertura; PBC: potrero baja cobertura; CV: cerca viva

Resultados por parcelas de 0,1 ha

En las 48 parcelas de 0,1 ha se inventariaron 1137 individuos (48,1% del total) de 109 especies y 37 familias arbóreas (Cuadro 3). El área basal promedio por parcela fue de 16,6 m²/ha. *G. ulmifolia* fue la especie más numerosa (103 ind.), seguida por *G. sepium* (79 ind.), *C. alliodora* (59 ind.), *C. vitifolium* (55 ind.) y *C. candidissimum* (51 ind.).

La composición de especies varió entre hábitats. En cercas vivas y potreros, los cuales tienen manejo esporádico en la zona de estudio, las especies más comunes y abundantes fueron las usadas para leña (*G. ulmifolia*, *G. sepium* y *C. dentata*), madera (*C. alliodora* y *P. quinata*) y forraje para ganado (*G. ulmifolia*). En los bosques riparios, las especies más comunes fueron *T. decandrum*, *S. amara*, *C. candidissimum* y *S. mombin*. En cambio, los bosques secundarios y charrales fueron dominados principalmente por *C. vitifolium* y *G. ulmifolia*.

Cuadro 3.Especies de árboles ≥ 10 cm de dap registrados en parcelas de 0.1 ha, (continua...)

| Especie | Familia | BS | BR | CH | PAC | PBC | CV | Total |
|---|----------------|----|----|----|-----|-----|----|-------|
| <i>Acacia collinsii</i> Saff.; | Mimosaceae | 1 | | | 1 | | 6 | 8 |
| <i>Acacia pennatula</i> (Cham. & Schlttdl.) Benth., | Mimosaceae | 3 | | | | | | 3 |
| <i>Acrocomia mexicana</i> Karw. ex Mart.; | Arecaceae | | | 3 | | | | 3 |
| <i>Albizia guachapele</i> (Kunth) Dugand; | Mimosaceae | 3 | | | | | | 3 |
| <i>Albizia niopoides</i> (Spruce ex Benth.) Burkart, | Mimosaceae | 6 | | 1 | | | | 7 |
| <i>Albizia saman</i> (Jacq.) F. Muell.; | Mimosaceae | 2 | 5 | | | | | 7 |
| <i>Allophyllus racemosus</i> Sw.; | Sapindaceae | 8 | 1 | 1 | | 1 | | 11 |
| <i>Anacardium excelsum</i> (Bertero & Balb. ex) Kunth Skeels, | Anacardiaceae | | 13 | | | | | 13 |
| <i>Andira inermis</i> (W. Wright) Kunth ex Dc.; | Fabaceae | | 14 | | | | | 14 |
| <i>Annona glabra</i> L.; | Annonaceae | | 2 | | | | | 2 |
| <i>Annona holosericea</i> Saff.; | Annonaceae | | 2 | | | | | 2 |
| <i>Annona purpurea</i> Moç. & Sessé ex Dunal, | Annonaceae | | 3 | | | | | 3 |
| <i>Apeiba tibourbou</i> Aubl.; | Tiliaceae | | | 2 | | | | 2 |
| <i>Apoplanesia paniculata</i> C. | Fabaceae | | | | | | 1 | 1 |
| <i>Ardisia revoluta</i> Kunth in Humb.; Bonpl. & Kunth, | Myrsinaceae | | 10 | | | | | 10 |
| <i>Astronium graveolens</i> Jacq.; | Anacardiaceae | | 1 | | | | | 1 |
| <i>Bauhinia divaricata</i> L.; | Caesalpiaceae | | | 1 | | | | 1 |
| <i>Bauhinia unguolata</i> L., | Caesalpiaceae | | | 1 | | | | 1 |
| <i>Bixa orellana</i> L.; | Bixaceae | | 2 | | | | | 2 |
| <i>Brosimum alicastrum</i> Sw. | Moraceae | | 3 | | | | | 3 |
| <i>Bunchosia nitida</i> (Jacq.) Dc.; | Malpighiaceae | | 1 | | | | | 1 |
| <i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.; | Burseraceae | 9 | 2 | 1 | | 1 | 16 | 29 |
| <i>Bursera tomentosa</i> (Jacq.) Triana & Planch.; | Burseraceae | | 2 | | | | | 2 |
| <i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth in Humb.; Bonpl. & Kunth, | Malpighiaceae | | | 3 | 4 | 1 | | 8 |
| <i>Caesalpinia exostemma</i> Dc. | Caesalpiaceae | | 1 | | | | | 1 |
| <i>Calycophyllum candidissimum</i> (Vahl) Dc.; | Rubiaceae | 18 | 16 | 14 | 1 | 1 | 1 | 51 |
| <i>Casearia corymbosa</i> Kunth in Humb., Bonpl. & Kunth, | Flacourtiaceae | 1 | 1 | 2 | | | 8 | 12 |
| <i>Cassia grandis</i> L. | Caesalpiaceae | 1 | 3 | 5 | 1 | 1 | 2 | 13 |
| <i>Cecropia peltata</i> L.; | Cecropiaceae | 1 | 3 | | | | 1 | 5 |
| <i>Cedrela odorata</i> L.; | Meliaceae | 3 | 2 | | | | | 5 |
| <i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.; | Bombacaceae | | 3 | | | | | 3 |
| <i>Chomelia spinosa</i> Jacq.; | Rubiaceae | 3 | | 1 | | 1 | 1 | 6 |
| <i>Coccoloba caracasana</i> Meisn. In A. Dc.; | Polygonaceae | | 2 | | | | | 2 |

Cuadro 3.Especies de árboles ≥ 10 cm de dap registrados en parcelas de 0.1 ha, (continuación...)

| Especie | Familia | BS | BR | CH | PAC | PBC | CV | Total |
|---|-----------------|----|----|----|-----|-----|----|-------|
| <i>Coccoloba floribunda</i> (Benth.) Lindau, | Polygonaceae | | 1 | | | | | 1 |
| <i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd) Spreng.; | Bixaceae | 28 | 4 | 23 | | | | 55 |
| <i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken, | Boraginaceae | 13 | 2 | 11 | 25 | 2 | 6 | 59 |
| <i>Cordia bicolor</i> A. Dc., | Boraginaceae | | 3 | | | | 1 | 4 |
| <i>Cordia collococca</i> L.; | Boraginaceae | | | | | | 11 | 11 |
| <i>Cordia dentata</i> Poir.; | Boraginaceae | | 3 | 1 | | 1 | 40 | 45 |
| <i>Cordia globosa</i> (Jacq.) Kunth in Humb.; Bonpl. & Kunth, | Boraginaceae | | | 1 | | | | 1 |
| <i>Cordia panamensis</i> L. Riley, | Boraginaceae | 6 | | 1 | | | | 7 |
| <i>Cornutia pyramidata</i> L.; | Verbenaceae | | 2 | 1 | | | | 3 |
| <i>Couroupita nicaraguarensis</i> Dc.; | Lecythidaceae | | 1 | | | | | 1 |
| <i>Crescentia alata</i> Kunth in Humb.; Bonpl. & Kunth, | Bignoniaceae | | | 2 | 1 | 1 | 2 | 6 |
| <i>Crescentia cujete</i> L.; | Bignoniaceae | | | | | | 1 | 1 |
| <i>Dalbergia retusa</i> Hemsl.; | Fabaceae | 1 | 1 | 21 | | | 2 | 25 |
| <i>Delonix regia</i> (Bojer ex Hook.) Raf.; | Caesalpiniaceae | 1 | | | | | | 1 |
| <i>Diospyros salicifolia</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.; | Ebenaceae | 5 | | | | | | 5 |
| <i>Diphyssa americana</i> (Mill.) M. Sousa, | Fabaceae | | | | 1 | 2 | | 3 |
| <i>Dipteryx oleifera</i> Benth.; | Fabaceae | | 2 | | | | | 2 |
| <i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.; | Mimosaceae | 4 | 6 | 6 | 2 | | 2 | 20 |
| <i>Erythrina berteriana</i> Urb.; | Fabaceae | | 2 | | | | | 2 |
| <i>Eugenia hondurensis</i> A. Molina R.; | Myrtaceae | | 1 | | | | | 1 |
| <i>Eugenia salamensis</i> (Standl.) Mc Vaugh, | Myrtaceae | | 1 | | | | | 1 |
| <i>Ficus insipida</i> Willd.; | Moraceae | | | | | | 1 | 1 |
| <i>Genipa americana</i> L.; | Rubiaceae | 1 | | 1 | | | | 2 |
| <i>Gliricidia sepium</i> | Fabaceae | 16 | | | 5 | 2 | 56 | 79 |
| <i>Guarea glabra</i> Vahl, | Meliaceae | | 1 | | | | | 1 |
| <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. | Sterculiaceae | 24 | 24 | 32 | 3 | 4 | 16 | 103 |
| <i>Guettarda macrosperma</i> Donn. Sm.; | Rubiaceae | | 1 | | | | | 1 |
| <i>Gyrocarpus americanus</i> Jacq.; | Hernandiaceae | | 1 | | | | | 1 |
| <i>Haematoxylum brasiletto</i> H. Karst.; | Caesalpiniaceae | 2 | | | | | | 2 |
| <i>Hymenaea courbaril</i> L.; | Caesalpiniaceae | | 1 | 1 | | | | 2 |
| <i>Inga vera</i> Willd.; | Mimosaceae | | 8 | | | | | 8 |
| <i>Karwinskia calderonii</i> Standl.; | Rhamnaceae | 1 | 3 | 3 | 5 | 1 | 12 | 25 |

Cuadro 3.Especies de árboles ≥ 10 cm de dap registrados en parcelas de 0.1 ha, (continuación...)

| Especie | Familia | BS | BR | CH | PAC | PBC | CV | Total |
|---|------------------|----|----|----|-----|-----|----|-------|
| <i>Licania arborea</i> Seem.; | Chrysobalanaceae | | 4 | 2 | | | | 6 |
| <i>Lonchocarpus macrocarpus</i> Benth.; | Fabaceae | 1 | | 1 | | | | 2 |
| <i>Lonchocarpus minimiflorus</i> Donn. Sm.; | Fabaceae | 1 | | | 1 | | | 2 |
| <i>Lonchocarpus parviflorus</i> Benth.; | Fabaceae | 1 | | | | 1 | | 2 |
| <i>Lonchocarpus phlebophyllus</i> Standl. & Steyerl.; | Fabaceae | | | 1 | | | | 1 |
| <i>Luehea candida</i> (Moç. & Sessè ex Dc.) | Tiliaceae | 7 | 1 | | | | 1 | 9 |
| <i>Luehea seemannii</i> Triana & Planch.; | Tiliaceae | | 8 | | | | | 8 |
| <i>Lysiloma auritum</i> (Schltdl.) Benth.; | Mimosaceae | 4 | 1 | 3 | | | | 8 |
| <i>Machaerium biovulatum</i> Micheli, | Fabaceae | 2 | | | | | | 2 |
| <i>Maclura tinctoria</i> (L.) Steud. | Moraceae | 1 | 1 | 1 | | | | 3 |
| <i>Mangifera indica</i> L.; | Anacardiaceae | | | | | | 4 | 4 |
| <i>Manilkara chicle</i> (Pittier) Gilly, | Sapotaceae | 1 | | | | | | 1 |
| <i>Melicoccus bijugatus</i> Jacq.; | Sapindaceae | | | | | | 1 | 1 |
| <i>Myrospermum frutescens</i> Jacq.; | Fabaceae | 5 | | 15 | 1 | 1 | 18 | 40 |
| <i>Neea fagifolia</i> Heimerl, | Nyctaginaceae | | | 1 | | | | 1 |
| <i>Pachira quinata</i> (Jacq.) W.S. Alverson, | Bombacaceae | 4 | 4 | | | | 40 | 48 |
| <i>Pisonia aculeata</i> L.; | Nyctaginaceae | | 2 | | | | | 2 |
| <i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.; | Mimosaceae | 9 | 7 | 4 | | | | 20 |
| <i>Pithecellobium oblongum</i> Benth.; | Mimosaceae | | 1 | | | | | 1 |
| <i>Platymiscium parviflorum</i> Benth.; | Fabaceae | 1 | | | 1 | | | 2 |
| <i>Psidium guajava</i> L.; | Myrtaceae | | | | 1 | | | 1 |
| <i>Randia armata</i> (Sw.) Dc.; | Rubiaceae | 1 | 3 | 1 | | | | 5 |
| <i>Sapium macrocarpum</i> Müll. Arg.; | Euphorbiaceae | 1 | | | | | | 1 |
| <i>Sapranthus violaceus</i> (Dunal) Saff.; | Annonaceae | | 1 | | | | | 1 |
| <i>Schoepfia schreberi</i> J. F | Olacaceae | 2 | | 1 | | | | 3 |
| <i>Sciadodendron excelsum</i> Griseb.; | Araliaceae | | 2 | 2 | | | | 4 |
| <i>Semialarium mexicanum</i> (Miers) Mennega, | Hippocrateaceae | | 2 | | | | | 2 |
| <i>Senna atomaria</i> (L.) H.S. Irwin & Barneby, | Caesalpiniaceae | | 2 | 3 | | | 1 | 6 |
| <i>Sideroxylon capiri</i> (Pittier) T. D. Penn.; | Sapotaceae | | 6 | | | | | 6 |
| <i>Simarouba amara</i> Aubl.; | Simaroubaceae | 4 | 18 | 4 | 1 | | 1 | 28 |
| <i>Spondias mombin</i> L.; | Anacardiaceae | 18 | 15 | 2 | 1 | | 9 | 45 |
| <i>Spondias purpurea</i> L.; | Anacardiaceae | 2 | 1 | | 2 | | 14 | 19 |

Cuadro 3.Especies de árboles ≥ 10 cm de dap registrados en parcelas de 0.1 ha, (continuación...)

| Especie | Familia | BS | BR | CH | PAC | PBC | CV | Total |
|--|----------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|------------|-------------|
| <i>Stemmadenia obovata</i> (Hook. & Arn.) K. Schum. | Apocynaceae | 8 | 3 | | | | 2 | 13 |
| <i>Sterculia apetala</i> (Jacq.) H. Karst.; | Sterculiaceae | 2 | 7 | 2 | | | | 11 |
| <i>Swietenia humilis</i> Zucc.; | Meliaceae | 1 | | 6 | 2 | | | 9 |
| <i>Tabebuia chrysantha</i> (Jacq.) G. Nicholson, | Bignoniaceae | 1 | | | | | | 1 |
| <i>Tabebuia ochracea</i> (A.H. Gentry) A. H. Gentry, | Bignoniaceae | 3 | | | 3 | 1 | 2 | 9 |
| <i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) Dc. In A. Dc.; | Bignoniaceae | 1 | 7 | 2 | | 3 | 17 | 30 |
| <i>Thouinidium decandrum</i> (Bonpl.) Radlk.; | Sapindaceae | 8 | 26 | 1 | | | 6 | 41 |
| <i>Trema micrantha</i> (L.) | Ulmaceae | | 7 | 4 | | | | 11 |
| <i>Trichilia americana</i> (Sessè & Moç.) T. D. Penn.; | Meliaceae | 1 | 2 | | | | 3 | 6 |
| <i>Trichilia martiana</i> C. Dc. in Mart.; | Meliaceae | | 2 | 1 | | | | 3 |
| <i>Xylosma flexuosa</i> | Flacourtiaceae | | 4 | | | | | 4 |
| <i>Xylosma horrida</i> Rose, | Flacourtiaceae | | 1 | | | | | 1 |
| Total de Individuos | | 251 | 298 | 196 | 62 | 25 | 305 | 1137 |

BS: bosque secundario; BR: bosque ripario; CH: charral; PAC: potrero alta cobertura arbórea; PBC: potrero baja cobertura arbórea; CV: cerca viva

Diversidad de árboles con dap ≥ 10 cm en parcelas de 0,1 ha

El hábitat que presentó el mayor número de especies fue el bosque ripario (69 spp), seguido del bosque secundario (51 spp) y charrales (45 spp). Los potreros tuvieron la riqueza de especies más bajas (20 spp en PAC y 17 spp en PBC). En cercas vivas la riqueza total fue intermedia (34 spp; Cuadro 4).

Los hábitats también difirieron en cuanto a la abundancia de individuos ($F_{4,35} = 18.97$ $P = .0001$; Cuadro 4). La prueba de comparación de medias de Duncan mostró que el bosque ripario tuvo una mayor abundancia de árboles que los demás hábitats, excepto el bosque secundario. Los potreros no mostraron diferencias entre ellos pero tuvieron abundancias menores a los demás hábitats.

El índice de diversidad de Shannon indicó que los bosques riparios y los bosques secundarios fueron más diversos que los potreros. El índice de equitatividad no mostró diferencias entre hábitats (Cuadro 4).

Cuadro 4.Diversidad de árboles (árboles ≥ 10 cm dap) en seis tipos de hábitat en Rivas, Nicaragua. Los datos provienen de parcelas de 0,1 ha (excepto las cercas vivas que representan 350 m lineales) 8 parcelas/hábitat

| Hábitat | BS | BR | CH | CV | PAC | PBC |
|----------------------|--------|-------|-------|------|------|------|
| No. especies | 51 | 69 | 45 | 34 | 20 | 17 |
| No. individuos | 251 | 298 | 196 | 305 | 62 | 25 |
| Especies promedio | 12,3b* | 18,8a | 9,8b | 9,12 | 4,5c | 2,8c |
| Individuos promedio | 31,3ab | 37,2a | 24,5b | 38,1 | 7,7c | 3,1c |
| Índice de Shannon | 2,1a | 2,6a | 2,0ab | 0,71 | 1,1b | 0,9b |
| Índice equitatividad | 0,8a | 0,9a | 0,8a | 0,71 | 0,7a | 0,9a |

* Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas ($p < 0,05$). Las cercas vivas no fueron incluidas en el análisis por la diferencia de área muestreada.**Curva de acumulación de especies**

Las curvas de acumulación de especies muestran un aumento gradual de las especies conforme aumenta el número de individuos, tanto para el paisaje como para hábitats individuales. Como estas curvas no llegaron a un plano, pareciera que el área muestreada fue insuficiente de

capturar todas las especies presentes en los diferentes hábitats. Las curvas destacan que los bosques riparios, secundarios y charrales fueron los hábitats que acumulan especies más rápidamente (Fig. 2). El índice de Clench estimó una riqueza de 127 especies arbóreas en parcelas de 0,1 ha, en comparación con las 109 especies inventariadas.

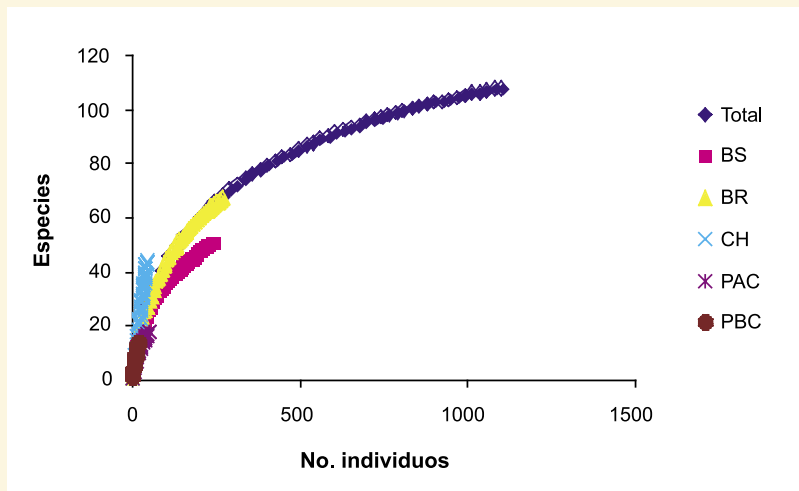


Figura 2. Curva de acumulación de especies para árboles ≥ 10 cm dap en cinco hábitats en Rivas, Nicaragua

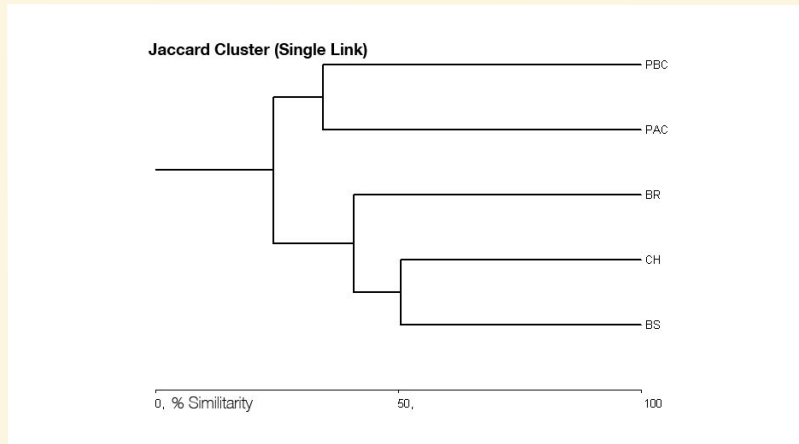


Figura 3. Cluster de similitud para árboles ≥ 10 cm dap, utilizando el índice de Jaccard.

Índice de Jaccard

La composición de especies varió entre hábitats y hubo poca similitud de especies. De las 109 especies encontradas en las parcelas de 0,1 ha, solamente cinco especies estuvieron presentes en todos los hábitats; seis especies se encontraron en cinco hábitats, diez especies en cuatro hábitats, 15 especies en tres hábitats, 18 especies en dos hábitats y 55 especies en uno solo.

Los hábitats menos similares fueron el bosque ripario y los potreros, que compartieron solamente entre 8 y 9% de las especies. Los hábitats boscosos -charrales y bosques secundarios- fueron los más similares pues compartieron el 51% de las especies.

Según el análisis de *cluster*, y utilizando el índice de Jaccard, los hábitats se agrupan en dos grupos principales: 1) los potreros y 2) los

charrales, bosques riparios y bosques secundarios (Fig. 3).

Distribución de diámetros

El 17,3% de los individuos tenían diámetros >40 cm, y el 82,7% <40 cm. El dap promedio de todos los árboles ($n=1137$) fue de 26,8 cm (Fig. 4). De las diez especies más comunes, seis se encontraron en todas las clases diamétricas (*G. ulmifolia*, *C. candidissimum*, *S. mombin*, *T. decandrum*, *P. quinata* y *C. dentata*). Las otras especies (*C. alliodora*, *C. vitifolium*, *M. frutescens* y *G. sepium*) estuvieron representadas solamente por árboles con diámetros <40 cm porque son aprovechadas por los productores para leña cuando alcanzan diámetros mayores (Ruiz *et al.* 2005).

En los bosques secundarios, riparios y charrales, la distribución diamétrica tuvo forma de J invertida con mayor abundancia de individuos en las clases inferiores y menor abundancia en las clases diamétricas superiores. En cambio, en los potreros la distribución fue más uniforme y plana, lo que indica poca regeneración (Fig. 5).

Hubo diferencias en la estructura de la vegetación presente en los seis hábitats. Los bosques secundarios y los riparios tuvieron árboles más altos que los otros hábitats ($F_{5,42} = 7,68$, $P = 0,0001$; Cuadro 5). Sin embargo no se encontró diferencias estadísticas en los diámetros entre hábitats ($F_{5,42} = 1,93$, $p = 0,110$; Cuadro 5).

Resultados generales en parcelas de 0,005 ha

En las parcelas de 0,005 ha se registró un total de 767 individuos de 107 especies y 46 familias. De estas, 90 especies eran plantas jóvenes del estrato arbóreo y 17 especies arbustivas del sotobosque. Las familias mejor representadas fueron Fabaceae y Mimosaceae, seguidas por Bignoniaceae, Boraginaceae y Caesalpiniaceae. Las especies

de árboles con mayor dominancia fueron *Acacia collinsii* (51 ind.), *Myrospermum frutescens* (45 ind.), *Calycophyllum candidissimum* (39 ind.) y *Stemmadenia obovata* (30 ind.). Los arbustos fueron dominados por *Lantana urticifolia* (26 ind.).

Hubo diferencias de composición entre hábitats. En el bosque secundario, las especies dominantes fueron *Diospyros salicifolia* y *Stemmadenia obovata*, que son árboles del estrato medio, de 10-15 m de alto. El dosel fue dominado por *C. candidissimum* y *T. ochracea*. El sotobosque fue dominado por *L. urticifolia*. En el bosque ripario, *C. candidissimum* fue la especie dominante seguida por *Piper marginatum* que es un arbusto de sotobosque de áreas húmedas. Los charrales estuvieron dominados por *A. collinsii*, *Croton niveus*, *Jacquinia nervosa* y *M. frutescens*. En cambio, en los potreros de alta cobertura dominaron *M. frutescens*, *C. alliodora*, *L. urticifolia* y *Byrsonima crassifolia*. En los potreros de baja cobertura dominaron *A. collinsii*, *Baltimora recta* (considerada maleza), *M. frutescens* y *G. sepium*.

Diversidad de árboles ≤10cm dap y arbustos en parcelas de 0,005 ha

Hubo diferencias en la riqueza, abundancia y composición de especies de árboles y arbustos con dap ≤10 cm. El

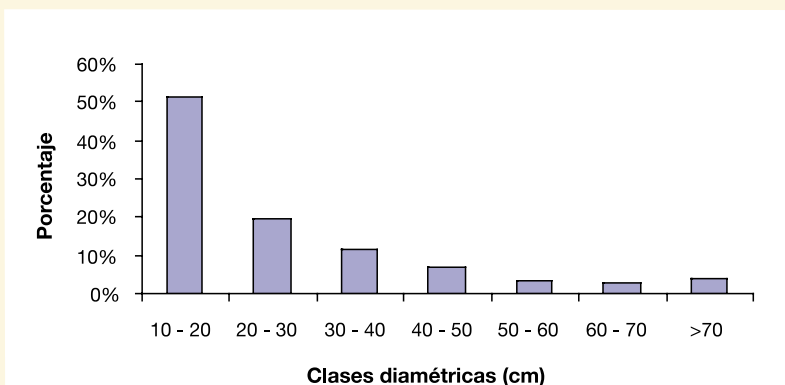


Figura 4. Distribución diamétrica de todos los árboles registrados en 48 parcelas de 0,1 ha

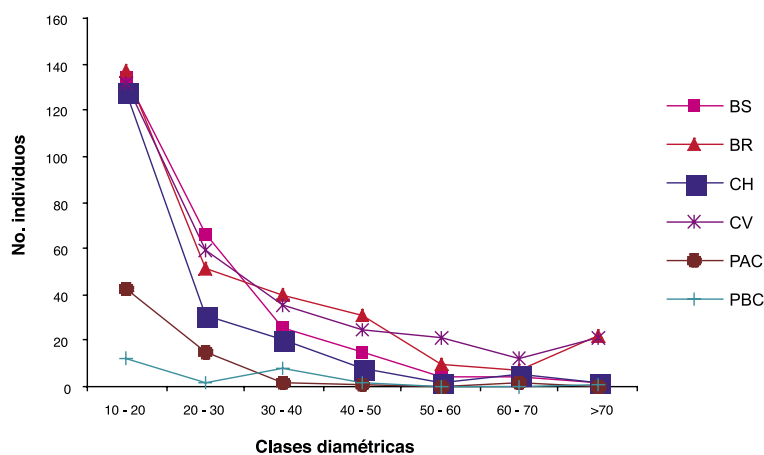


Figura 5. Distribución de abundancias por clases diamétricas en seis hábitats en Rivas, Nicaragua

Cuadro 5. Resumen de altura y diámetro promedio por hábitat

| Variables | | BS | BR | CH | CV | PAC | PBC |
|-----------|-------------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| Altura | n | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| | Altura promedio | 14,87 ± 0,89a* | 15,41 ± 1,29a | 10,20 ± 1,12bc | 11,94 ± 0,82b | 10,61 ± 0,62bc | 8,87 ± 0,84c |
| Diámetro | n | 251 | 298 | 196 | 305 | 62 | 25 |
| | Diámetro promedio | 26,52 ± 2,90a | 31,25 ± 2,33a | 23,31 ± 2,40a | 29,32 ± 4,20a | 18,99 ± 1,92a | 26,66 ± 5,40a |

* Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas (p < 0,05).

bosque ripario fue el hábitat con el mayor número de especies (52 spp), seguido por el bosque secundario (49 spp), charral (42 spp), potrero alta cobertura (34 spp) y potrero baja cobertura (32 spp).

Los bosques riparios y los bosques secundarios tuvieron un mayor número de especies que los potreros. Además, el bosque ripario tuvo una mayor abundancia de individuos que los potreros de baja cobertura. ($F_{4,35} = 4,25$, $P = 0,0066$; Cuadro 6). El índice de equitatividad no mostró diferencias entre hábitats.

Discusión

El paisaje boscoso de Rivas está muy fragmentado y degradado. Actualmente queda un mosaico de pequeños parches de vegetación secundaria, charrales y franjas angostas de árboles a lo largo de los ríos, todo ello en medio de una matriz de cultivos agrícolas y potreros. Estos pequeños parches siguen siendo intervenidos por la ganadería, extracción de leña, madera y quemas para la siembra de cultivos, por lo que sufren un proceso acelerado de degradación (López y García 2002). La abundancia de especies como *Calotropis procera*, y de asociaciones como *Curatella* y *Byrsonima*, son indicadores de que los suelos en la zona son pobres y que las áreas han sufrido perturbación por quemas y pastoreo excesivo (Janzen 1991). Además, la dominancia de especies pioneras, como *Bursera simaruba*, *Guazuma ulmifolia* y *Cochlospermum vitifolium* indican un nivel de alteración del paisaje (Stevens *et al.* 2001).

El paisaje mantiene una flora degradada, con alrededor de la mitad de las especies originales de la zona. Las 146 especies de árboles encontradas representan un 58,2% de las especies reportadas para el bosque seco del Pacífico Norte de Costa Rica (Poveda y Sánchez 1999). Sin embargo, las curvas de acumulación

Cuadro 6.

Diversidad de árboles y arbustos ≤ 10 cm dap en cinco tipos de hábitat en Rivas, Nicaragua. Los datos provienen de parcelas de 0,005 ha (8 parcelas/hábitat).

| Hábitat | BS | BR | CH | PAC | PBC |
|-------------------------|----------|---------|----------|----------|---------|
| No. especies | 49 | 52 | 42 | 34 | 32 |
| No. individuos | 161 | 201 | 188 | 131 | 86 |
| Especies promedio | 11,75a* | 13,5a | 10,5ab | 7,375b | 7,13b |
| Individuos promedio | 20,125ab | 25,125a | 23,5ab | 16,375bc | 10,75c |
| Índice de Shannon | 2,267ab | 2,357a | 2,109abc | 1,727c | 1,864bc |
| Índice de equitatividad | 0,944a | 0,915a | 0,902a | 0,914a | 0,926a |

*Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

muestran que se podrían encontrar más especies con un mayor esfuerzo de muestreo (el índice de Clench estimó una riqueza total de 157 especies para el paisaje). Es probable, entonces, que en realidad haya un mayor porcentaje de especies de lo que aquí se reporta.

El paisaje boscoso de Rivas está muy fragmentado y degradado. Actualmente queda un mosaico de pequeños parches de vegetación secundaria, charrales y franjas angostas de árboles a lo largo de los ríos, todo ello en medio de una matriz de cultivos agrícolas y potreros.

La vegetación de este paisaje está dominada por especies típicas de áreas abiertas o perturbadas. De las 146 especies, 39 son típicas de áreas abiertas y representan el 40,26% de los árboles inventariados. Hubo 46 especies típicas de áreas cerradas; sin

embargo, estas representan solamente un 20,4% de los árboles inventariados. En el paisaje de Rivas, encontramos pocas especies de árboles dominantes del bosque seco, como *Astronium graveolens*, *Gyrocarpus americanus*, *Hymenaea courbaril*. Otras especies de árboles como *Manilkara chicle*, *Bunchosia nitida* y *Couroupita nicaraguarensis* parecen estar amenazadas, pues la abundancia es baja, hay pocos individuos con buena forma como para ofrecer un buen material genético y poca regeneración natural. La baja abundancia y riqueza de árboles típicos del bosque seco es el resultado de la deforestación y fragmentación del paisaje y de cambios en las condiciones ambientales que generan un proceso de pérdida de especies sensibles (Jiménez 1999). Además, el pastoreo y uso del fuego disminuye la regeneración natural de los árboles en potreros y otros hábitats y disminuye la diversidad florística.

Los diferentes tipos de hábitat varían en cuanto a abundancia, riqueza, diversidad, composición y estructura de los árboles. Los bosques riparios tuvieron más especies de árboles que todos los demás hábitats y una mayor abundancia, con excepción del bosque secundario. La diversidad florística fue mayor en los bosques riparios y bosques secundarios que en los potreros (los charrales tuvieron una diversidad intermedia).



El ganado aprovecha los diferentes tipos de cobertura arbórea en el agropaisaje de Rivas, Nicaragua

Además, hubo diferencias en la composición de especies entre hábitats. Según los análisis de *cluster*, existen dos grandes tipos distintos de vegetación: 1) los bosques riparios, secundarios y charrales y 2) los potreros con alta y baja cobertura arbórea.

Por la alta diversidad florística de los bosques riparios, pareciera que actualmente estos hábitats están siendo conservados por los dueños de fincas debido a la escasez de agua en la zona para el consumo humano y para el ganado. Por ser los hábitats menos intervenidos de la zona de estudio, aún mantienen una amplia distribución de tamaños de árboles (hasta 70 cm en diámetro), con alturas promedio de 15,4 m y con especies típicas del bosque ripario, como *Anacardium excelsum*, *Andira inermis* y *Annona glabra* (Stevens *et al.* 2001). Además, estos hábitats tienen mejores condiciones de humedad y bajas temperaturas a nivel del suelo y sombra, lo que

permite la regeneración de muchas especies; entre ellas, especies propias del interior del bosque (observación personal).

Los bosques secundarios y charrales, en cambio, presentan una flora caracterizada por especies pioneras e invasoras; sin embargo, aún mantienen especies típicas de bosque seco, aunque en cantidades bajas. Estos hábitats presentan composiciones florísticas muy similares, ya que el charral es una etapa de la sucesión del bosque secundario y comparten muchas especies; por ejemplo, *Cochlospermum vitifolium* y *Dalbergia retusa*, entre otras. Los bosques secundarios (por su mayor edad, mayor complejidad estructural y condiciones microclimáticas distintas) conservan más especies típicas del interior del bosque.

Las cercas vivas son dominadas por pocas especies (principalmente por *Gliricida sepium*, *Cordia dentata*, *Pachira quinata* y *Myrospermum*


frutescens) pero la riqueza total es considerable (34 spp). De estas especies, el 52,9% (18 spp) se establecieron por regeneración natural y el 47% (16 spp) fueron sembradas por los productores. Aunque las cercas vivas no parecen muy importantes para la conservación de especies arbóreas, sí juegan un papel importante como hábitat y corredor para muchas especies de animales (Medina *et al.* 2004), además de que ofrecen servicios y productos como leña, frutos, forraje y madera (Joya *et al.* 2004) y contribuyen a la conectividad estructural del agropaisaje (Harvey *et al.* 2003).

Los potreros tuvieron la más baja diversidad florística, con solamente 20 especies en potreros de alta cobertura y 17 especies en potreros de baja cobertura. En estos hábitats dominan especies utilizadas por los productores para madera como *Cordia alliodora* (especie maderable de rápido crecimiento), *Myrospermum frutescens* (utilizada para leña y en pequeñas construcciones rurales) y *Guazuma ulmifolia* (utilizada como alimento para ganado y leña). Por otro lado, debido al poco manejo que se da a los potreros, estos contienen bastante regeneración natural de especies arbóreas y arbustivas y mantienen la posibilidad de regenerarse en el futuro.

De los hábitats estudiados, los bosques riparios parecieran ser el hábitat más importante para la conservación de árboles debido a que tienen la mayor diversidad de flora, en comparación con los otros hábitats, y más especies típicas del interior del bosque. En segundo orden se encuentran los bosques secundarios, los charrales y las cercas vivas; los hábitats de menor diversidad florística son los potreros. Además de su rol en la conservación arbórea, estos hábitats también proveen refugio y alimento para la fauna silvestre y ayudan así a mantener especies del bosque dentro de los agropaisa-

jes. Estudios paralelos en la misma zona han encontrado 83 especies de aves, 24 especies de murciélagos y 50 especies de mariposas diurnas (Hernández *et al.* 2003, Medina *et al.* 2004, Vélchez *et al.* 2004), y han destacando la importancia de los bosques riparios y bosques secundarios para la conservación de la fauna.

Nuestro estudio demuestra que el agropaisaje de Rivas (a pesar de lo degradado y fragmentado) tiene potencial para la conservación y restauración del bosque seco en Nicaragua. Para ayudar a la conservación de los árboles en la región, se recomienda promover proyectos de plantación de especies nativas maderables, frutales y leñosas, para así disminuir la presión sobre los parches de bosque y facilitar la regeneración natural en esta zona.

Además, se recomienda restringir el acceso del ganado a los bosques secundarios y bosques riparios, para evitar su degradación continua y controlar el uso de quemadas en la región. Es fundamental ofrecer talleres de educación ambiental para crear conciencia entre la población local sobre la importancia de la conservación del bosque y de las especies de valor económico, tales como *Cedrela odorata*, *Swietenia humilis* y *Albizia saman* que producen maderas finas. Además, es necesario dar a conocer el papel ecológico de los árboles en la protección de fuentes de agua, conservación del suelo y mantenimiento de la fauna silvestre, y estimular prácticas silvopastoriles que incorporen activamente a los árboles en los sistemas de producción ganadera. 

Agradecimientos

Los autores agradecen a todas las personas de la zona de estudio por permitirnos realizar la investigación en sus fincas; a Joel Sáenz, Oliver Bach y Fernando Casanoves por su apoyo con las estadísticas. Al Herbario Nacional de Nicaragua y a Stefan Kunth por suministrar los mapas y puntos de muestreo. Esta investigación se realizó como parte del proyecto Fragment (Developing Methods and Models for Assessing the Impacts of Trees on Farm Productivity and Regional Biodiversity in Fragmented Landscapes), financiado por la Comunidad Europea (INCO- Dev ICA4-CT-2001-10099). Los autores son responsables del material reportado en este trabajo; esta publicación no representa la opinión de la Comunidad Europea y la misma no es responsable del uso de los datos que aquí aparecen.

Literatura citada

- Gillespie, TW; Grijalva, A; Farris, CN. 2000. Diversity composition and structure of tropical dry forests in Central America. *Plant Ecology* 147: 37-47.
- Gómez, R; López, M; Harvey, CA; Villanueva, C. 2004. Caracterización de las fincas ganaderas y relaciones con la cobertura arbórea en potreros en el municipio de Belén, Rivas, Nicaragua. *Encuentro* 36(68):94-113.
- Guevara, S; Laborde, D; Sánchez, G. 1998. Are isolated remnant trees in pastures a fragmented Canopy? *Selbyana* 19:34-43.
- Harvey, CA; Villanueva, C; Villacís, J; Chacón, M; Muñoz, D; López, M; Ibrahim, M; Taylor, R; Martínez, JL; Navas, A; Sáenz, J; Sánchez, D; Medina, A; Vélchez, S; Hernández, B; Pérez, A; Ruiz, F; López, F; Lang, I; Kunth, S; Sinclair, FL. 2003. Contribución de las cercas vivas a la productividad e integridad ecológica de los paisajes agrícolas en América Central. *Agroforestería en las Américas* 10(39-40):30-39.
- Harvey, CA; Tucker, N; Estrada, A. 2004. Live fences, isolated trees and windbreaks: tools for conserving biodiversity in fragmented tropical landscapes? *In* *Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes*. Schroth, G; Fonseca, GAB; Harvey, CA; Gascon, C; Vasconcelos, HL; Izac, AMN. (Editors). Washington, D.C. Island Press. p 261-289.
- Hernández, B; Maes, JM; Harvey, C; Vélchez, S; Medina, A; Sánchez, D. 2003. Abundancia y diversidad de escarabajos coprófagos y mariposas diurnas en un paisaje ganadero en el departamento de Rivas, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* 10(39-40):93-102.
- Holdridge, L. 1987. *Ecología basada en zonas de vida*. San José, CR, IICA. 216 p.
- INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales). 2000. Zonificación de la III y IV región. Informe de Campo. Managua, NI. 18 p.
- Janzen, D. 1991. *Historia Natural de Costa Rica*. San José, CR, IICA. 822 p.
- Joya, J; López, M; Gómez, R; Harvey, CA. 2004. Conocimiento local sobre el uso y manejo de árboles en fincas ganaderas del municipio de Belén, Rivas, Nicaragua. *Encuentro* 36(68):44-59.
- López, R; García, A. 2002. Composición florística y estructural de las especies arbóreas en el bosque seco secundario de la finca "Santa Ana". Tesis de diploma. Managua, NI, Universidad Nacional Agraria. 100 p.
- McAleece, N; Lamshead, J; Patterson, G; Gage, J. 1997. BioDiversity Professional. The Natural History Museum and The Scottish Association for Marine Science. (en línea). Consultado 29 ago. 2004. Disponible en: <http://www.sams.ac.uk/dml/projects/bentic/bdpro/index.htm>
- Jiménez, Q. 1999. Árboles maderables en peligro de extinción en Costa Rica. INCAFO. San José, CR. 121 pág.
- Magurran, A. 1998. *Ecología, diversidad y su medición*. Bangor, Inglaterra. 198 p.
- Medina, A; Harvey, CA; Sánchez, D; Vélchez, S; Hernández, B. 2004. Diversidad y composición de chiropteros en un paisaje fragmentado de bosque seco en Rivas, Nicaragua. *Encuentro* 36(68):24-43.
- Poveda, L; Sánchez, P. 1999. Árboles y palmas del Pacífico norte de Costa Rica. San José, CR, Guayacán. 186 p.
- Robledo, CW; Di Rienzo, JA; Guzmán, W; Balzarini, MG; Casanoves, F; Gonzalez, LA; Tablada, EM. 2000. InfoStat/Profesional versión 4. Córdoba, AR, Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Estadística y Biometría y Diseño de Experimentos.
- Ruiz, F; Gómez, R; Harvey, CA. 2005. Árboles dispersos en potreros de Matiguás, Nicaragua. *Tropitécnica – Nitlapán*, Managua, NI. 40 p.
- SAS. 1999. *The SAS Systems for Windows Versión 8*. NC, USA, Institute Inc. Cary.
- Stevens, W. 2001. Introducción de vegetación. *In* *Flora de Nicaragua*. Monographs in Systematic Botany. Missouri Botanical Garden. p. 1- 23.
- Stevens, W; Ulloa, C; Pool, A; Montiel, O. 2001. *Flora de Nicaragua*. Monographs in Systematic Botany. Missouri Botanical Garden. 2666 p.
- Vélchez, S; Harvey, CA; Sánchez, D; Medina, A; Hernández, B. 2004. Diversidad de aves en un paisaje fragmentado de bosque seco en Rivas, Nicaragua. *Encuentro* 36(68):60-75.

Uso de productos forestales en la Reserva Indígena Cabécar de Alto Chirripó, Costa Rica¹

Mario Andrés López

mlopez@catie.ac.cr

José Joaquín Campos

CATIE. jcampos@catie.ac.cr

Dietmar Stoian

CATIE. stoian@catie.ac.cr

Róger Villalobos

CATIE. rvillalo@catie.ac.cr

A pesar de la amplia variedad de especies vegetales presentes en los bosques de la Reserva Indígena Cabécar de Alto Chirripó, son pocos los productos forestales utilizados como materia prima para la construcción de viviendas, como leña o como plantas medicinales. Esto se debe, principalmente, a la pérdida del conocimiento indígena y del valor socioeconómico, ecológico y cultural que dichas especies representaron en épocas pasadas.



Foto: Mario López.

¹ Basado en López, M. 2004. Papel de los productos forestales en las estrategias de vida de los indígenas Cabécares de Chirripó, Cantón de Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 116 p.

Resumen

La Reserva Indígena de Alto Chirripó, es una zona muy rica en biodiversidad, incluidos productos vegetales maderables y no maderables; sin embargo, la importancia socioeconómica y cultural de tales especies para las comunidades indígenas no está totalmente esclarecida; el presente trabajo aporta una aproximación al conocimiento de los productos forestales y sus usos por parte de los indígenas cabécares de cinco comunidades: Nimarí, Quetzal, Xuquebachari, Simiriñac y Sharabata, describiendo las oportunidades y limitaciones para la conservación, producción y comercialización de los recursos del bosque. Para ello se hicieron recorridos en las zonas de estudio, se desarrollaron talleres comunitarios y se aplicaron entrevistas semi-estructuradas a los actores involucrados en la extracción y comercialización de productos forestales: comunidades indígenas, entidades públicas, privadas, ONG y organizaciones comunitarias. El análisis de la información aportada por todos y cada uno de los actores permitió establecer que el bosque juega un papel secundario en los diferentes valores de las comunidades indígenas, debido principalmente a la transformación de los valores culturales de la etnia, producto del contacto permanente de los indígenas con las poblaciones aledañas a su territorio. Por otro lado, la carencia de infraestructura básica como carreteras y medios de comunicación se constituyó en la principal limitante identificada para el transporte y comercio de los productos provenientes de las comunidades indígenas.

Palabras claves: Reservas indígenas; cabécares; productos forestales; productos forestales no maderables; mercadeo; Chirripó; Costa Rica.

Summary

Use of forest products in the Cabécar Indigenous Reserve of Alto Chirripó, Costa Rica. The Indigenous Reserve of Alto Chirripó, is a zone very rich in biodiversity, including timber and non timber vegetable products; however, the socio-economic and cultural importance of these species in indigenous communities is not totally clear; this research is a contribution to the knowledge of forest products and their uses by five Cabécar communities: Nimarí, Quetzal, Xuquebachari, Simiriñac and Sharabata, describing the opportunities and limitations for the commercialization of forest resources. To achieve this goal, different field trips were done, some workshops with the communities were organized and semi-structured interviews were performed with the different stakeholders involved in extraction and commercialization of forest, agricultural and livestock products: indigenous communities, public and private organisations, NGOs and organizations of communities. The analysis of the collected information showed that forest plays a secondary role in different values of indigenous communities, mainly because of the transformation of the ethnical cultural values and because of the mix of cultures as a result of the permanent contact of the indigenous people with the other communities bordering its territory. Nowadays, the deficiency of basic infrastructure such as roads and media constitute the main limitation for transport and commercialization of products of indigenous communities.

Keywords: Indigenous reserve; cabécar; forest products; non timber forest products; marketing; Chirripó.

Para las comunidades indígenas cabécares de Alto Chirripó, el bosque ha jugado un papel muy importante dentro de su cosmovisión, ya que la tierra es la madre del entorno natural del indígena (CONAI s.f.); es la fuente de vida, el dispensario de medicinas, el refugio de Sibö², de los animales, las plantas, el agua y, en general, de todos los elementos vivos y no vivos de la naturaleza. El desarrollo y supervivencia de la etnia se deben, en gran medida, a la diversidad de recursos vegetales y animales (productos forestales maderables y no maderables) que poseen los bosques de la Reserva Indígena Cabécar. Sin embargo, el papel que juegan los principales bienes y servicios forestales del entorno socioeconómico, cultural y ambiental de las comunidades indígenas se desconoce casi por completo pues ni el saber ni los usos indígenas han sido documentados.

Los objetivos de la presente investigación fueron la identificación de los productos forestales más importantes para las comunidades indígenas cabécares de Alto Chirripó y la determinación de las principales oportunidades y limitaciones para su conservación, producción y comercialización. Para lograr estos objetivos se aplicaron entrevistas semi-estructuradas a los hogares de cinco comunidades indígenas (Simiriñac, Sharabata, Quetzal, Xuquebachari y Nimari) y se realizaron talleres de retroalimentación.

Metodología

Área de estudio

La Reserva Indígena Cabécar de Alto Chirripó abarca 75.387 ha (Castro 2004) y se ubica en el cantón de Turrialba, provincia de Cartago (Fig. 1). Al norte limita con la Reserva Indígena Nairi-Awari, el Parque Nacional Barbilla y la Reserva Indígena Cabécar de Bajo Chirripó; al sur con la Reserva Forestal Río Macho, el Parque Internacional

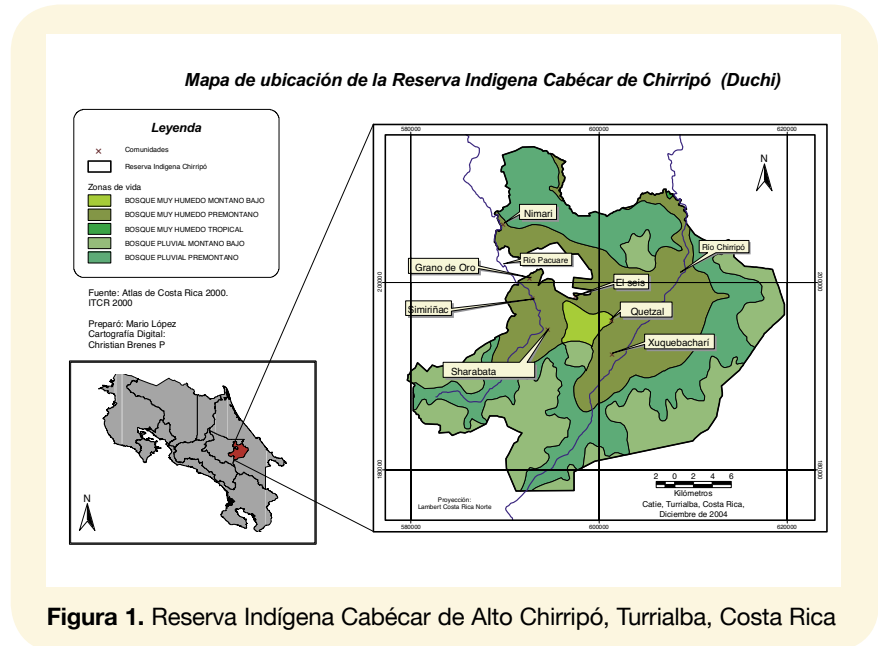


Figura 1. Reserva Indígena Cabécar de Alto Chirripó, Turrialba, Costa Rica

La Amistad y el Parque Nacional Chirripó; al este con la Reserva Indígena Cabécar de Bajo Chirripó y el Parque Internacional La Amistad, y al oeste con propietarios privados (CONAI s.f., Castro 2004).

Fases del estudio

El proceso de investigación contempló cuatro fases: 1) recopilación de información secundaria; 2) levantamiento de información primaria mediante talleres con la población indígena adulta, entrevistas semi-estructuradas a nivel de hogar y triangulación mediante entrevistas a funcionarios de las diferentes entidades relacionadas con la población indígena cabécar; 3) descripción botánica y 4) procesamiento y análisis de la información.

La recopilación de información secundaria comprendió la consulta y análisis de datos sobre la comunidad indígena cabécar, sus principales aspectos socioculturales, económicos y ambientales (Vásquez 1998, Loría 1999, Borge 2003), con el objeto de tener una perspectiva más amplia de la zona. El levantamiento de información primaria comprendió el trabajo de campo desarrollado en cinco comunidades: Nimari,

Simiriñac, Sharabata, Alto Quetzal y Xuquebachari. Se pretendió seleccionar dos comunidades accesibles, dos comunidades poco accesibles y dos comunidades remotas, pero por razones de tiempo no fue posible incluir la sexta comunidad.

Talleres participativos comunitarios: para obtener una panorámica general de cada una de las comunidades seleccionadas se realizaron talleres participativos comunitarios. La temática de los talleres consistió de cuatro aspectos básicos: perfil del grupo, para conocer en forma somera las características socioeconómicas de la comunidad; gráfico histórico de la comunidad, con el propósito de establecer y evaluar los cambios que se han dado en los recursos naturales en un lapso determinado; árbol de problemas, para identificar las limitaciones y las oportunidades de la comunidad para el aprovechamiento de los productos forestales, tanto maderables como no maderables; e inventario forestal, con el fin de tener una idea preliminar del recurso forestal que posee la comunidad. Todas las actividades se desarrollaron tomando como guía la metodología propuesta por Geilfus (1998).

² En la religión cabécar, Sibö es el dios supremo, creador de todo lo que existe.

Entrevistas semi-estructuradas a nivel de hogar: se utilizó como unidad de análisis el hogar indígena. Se aplicaron 50 entrevistas en total, en un tiempo de 6 meses (marzo-agosto de 2004). Con las entrevistas semi-estructuradas se procuró recabar la mayor cantidad de información referente a las especies vegetales extraídas, sus usos y la problemática relacionada con su aprovechamiento, comercialización y conservación. Las entrevistas se elaboraron teniendo en cuenta las técnicas de diálogo, de acuerdo con la metodología propuesta por Mikkelsen (1995) y Geilfus (1998). La información obtenida de los hogares indígenas se trianguló (Mikkelsen 1995), comparando la información suministrada por los jefes de hogar y la extraída de fuentes secundarias (entidades gubernamentales y no gubernamentales que trabajan en la zona).

La descripción botánica se realizó con la colaboración de guías o personas de la comunidad, conocedoras de la región. Previo consentimiento de los propietarios, se recorrieron los bosques para coleccionar muestras botánicas de los productos forestales empleados por los hogares indígenas. De cada especie vegetal se colectó un original y dos duplicados para su identificación en el herbario del Museo Nacional, en San José.

Para el **análisis de la información** obtenida de las entrevistas semi-estructuradas se usó el paquete estadístico SAS; se aplicó un análisis estadístico de tipo descriptivo. Se calcularon medidas de dispersión (desviación estándar, error estándar y frecuencia); las frecuencias se graficaron por medio de histogramas para su mejor interpretación. Para establecer las principales limitaciones y oportunidades de conservación, producción y comercialización de los productos forestales, se realizaron talleres de retroalimentación en cada una de las comunidades seleccionadas.



Foto: Mario López.

Vista panorámica del río Pacuare en la comunidad Simiriñack. Junto con el río Chirripó, constituye una de las principales arterias de las comunidades indígenas del Alto Chirripó

Resultados y discusión

Principales productos forestales de las comunidades indígenas cabécares de Chirripó

Los bosques naturales que forman parte de la Reserva Indígena Cabécar de Chirripó son importantes como fuente de plantas medicinales, leña y materiales de construcción (Borge 2003, Hopkins 1994).

Especies vegetales empleadas en la construcción de viviendas

Pese a la diversidad de especies vegetales presentes en los bosques de la Reserva Indígena, solo doce se mencionan con frecuencia como materiales para la construcción de viviendas o ranchos (Fig. 2). Su frecuencia de uso tiene que ver con la resistencia que les atribuyen los indígenas contra el ataque de plagas, los factores ambientales (humedad, temperatura elevada y lluvia) y la disponibilidad en los bosques de sus fincas. En este sentido, se destacan las especies *Cedrela mexicana*, *Gynerium sagittatum* y *Apeiba tibourbou*.

Especies vegetales empleadas como medicina

En la actualidad, el conocimiento local sobre plantas medicinales pareciera muy limitado; solamente los mayores y pocos indígenas jóvenes reconocen e identifican algunas especies con propiedades medicinales. Las especies nombradas con más frecuencia se listan en el Cuadro 1.

Especies vegetales empleadas para leña

En todas las comunidades indígenas visitadas, la fuente de energía y calor de los hogares se deriva de la combustión de madera proveniente de especies de charral³ o de 'palos secos'; es decir, árboles o arbustos muertos aún en pie o que han caído por diferentes causas como vejez, enfermedades, vientos fuertes, rayos o deslizamientos de tierra. Por otra parte, se pudo constatar que en las comunidades estudiadas, las actividades artesanales a partir de fibras y otros productos del bosque son prácticamente nulas.

³ Sucesión secundaria temprana de áreas deforestadas; en esta etapa por lo general dominan especies herbáceas y pocas arbustivas.

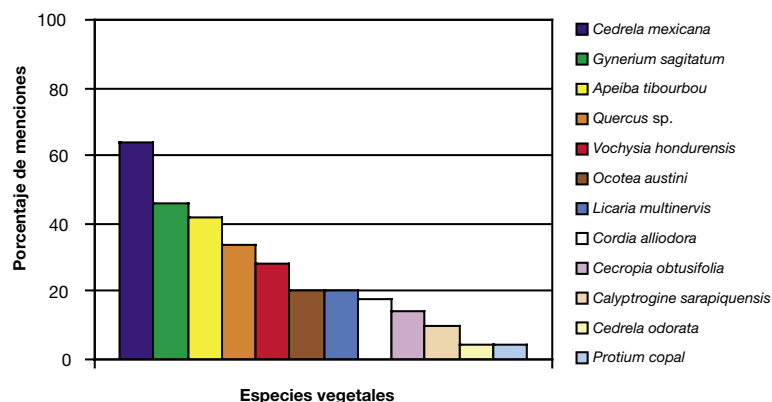


Figura 2. Porcentaje de hogares entrevistados que mencionaron las principales especies vegetales empleadas para la construcción de viviendas en las comunidades indígenas de Nimarí, Quetzal, Xuquebachari, Simiriñac y Sharabata (n=50 hogares)

Cuadro 1.

Principales especies vegetales empleadas como medicina en cinco comunidades indígenas de la Reserva Alto Chirripó (n=50 hogares)

| Familia | Nombre científico* | Nombre común | Tratamiento |
|-----------------|------------------------------|------------------|---------------------|
| Araceae | <i>Diffenbachia sp.</i> | Sajinilla | Papalomoyo |
| Asteraceae | <i>Neurolaena lobata</i> | Gavilán | Dolor de cabeza |
| Begoniaceae | <i>Begonia sp.</i> | Palo sangre | Hemorragias |
| Commelinaceae | <i>Campelia sp.</i> | | Quemaduras |
| Helecho | <i>Adiantum macrophyllum</i> | Tijerilla | Cataratas oculares |
| Melastomataceae | <i>Arthrostemma sp.</i> | | Dolor al orinar |
| Myrtaceae | <i>Psidium guajava</i> | Guayaba | Dolores estomacales |
| Piperaceae | <i>Piper auritum</i> | Hoja de estrella | Dolor de cuerpo |
| Simaroubaceae | <i>Picrasma sp.</i> | Vacapitè | Asma |
| Solanaceae | <i>Winteringia sp.</i> | Pulupulu | Gripe |
| Urticaceae | <i>Phenax sp.</i> | Ortiga | Dolor de cuerpo |
| Tiliaceae | <i>Triunffeta sp.</i> | Ñali | Diarrea |

* La identificación completa a nivel de herbario no fue posible para todas las especies, pues los curadores del Herbario Nacional no lograron precisar la especie ni el nombre común en español.

Desde el punto de vista legal, al igual que lo informa Hopkins (1994) en la comunidad cabécar de Namaldí (Bajo Chirripó), el uso de productos forestales en las comunidades indígenas está estrictamente restringido al autoconsumo. Las especies vege-

tales empleadas para leña y construcción o con fines medicinales no son objeto de comercialización con las poblaciones externas a la reserva; sin embargo, por observaciones en el campo e información proporcionada por las autoridades ambientales,

orquídeas y algunos animales silvestres son comercializados clandestinamente, tanto dentro como fuera de los territorios indígenas. No obstante, es muy difícil tratar de establecer la relevancia económica de esta actividad para los pobladores.

Principales oportunidades para la conservación, producción y comercialización de productos forestales

Alta biodiversidad

Como afirma McKenzie (2000), los bosques son los proveedores más importantes de numerosos servicios ambientales, como la conservación de la diversidad biológica, la mitigación del cambio climático (FAO 2003), servicios de recreación, productos forestales maderables y no maderables (McKenzie 2000) y beneficios económicos para las poblaciones rurales (García 2001, Nasi *et al.* 2002).

En este contexto, la Reserva Indígena de Alto Chirripó es una de las regiones más ricas en biodiversidad de Costa Rica (Loría 1999), pues aun posee remanentes de bosque primario (Hopkins 1994). El conocimiento de las especies forestales maderables y no maderables, sus propiedades, fenología y usos son herramientas importantes y necesarias para el aprovechamiento sostenible del recurso vegetal; por otra parte, el desarrollo de nuevos mercados podría contribuir a una mayor valoración del bosque y al alivio de la situación de pobreza y marginalidad de las comunidades indígenas.

Planes de manejo

Los planes de manejo forestal buscan alcanzar el aprovechamiento sostenible de los recursos del bosque; por ello, para su elaboración y puesta en marcha se debe contar con el acompañamiento de profesionales idóneos. Como lo afirman los mismos indígenas, el bosque es una fuente importante de materia prima y de preservación de la fauna y las fuentes hídricas. Según Ramírez (2002), con el manejo



Rancho típico de la comunidad Sharabata, Alto Chirripó. Se caracteriza por el empleo de hojas de suita y cañabrava y el piso de tierra

forestal comunitario aumentan los beneficios económicos, gracias a una definición más clara de la propiedad y el uso y una mejor regulación social de la base de los recursos.

Principales limitaciones para la conservación, producción y comercialización de productos forestales

Condiciones físicas

Un aspecto importante a tener en cuenta para la comercialización de los productos forestales es la infraestructura necesaria para las actividades comerciales; en particular, vías de comunicación adecuadas y medios de transporte. El aislamiento geográfico y las difíciles condiciones de acceso a los territorios indígenas de Chirripó dificultan, de manera significativa, el comercio de los productos.

Tenencia de la tierra

La situación de tenencia de la tierra en la Reserva Indígena de Chirripó es compleja; solo 63% del territorio está

en manos de las comunidades indígenas (Guevara y Vargas 2000), lo que deriva en conflictos y degradación ambiental puesto que la perspectiva de los colonos es muy diferente a la del indígena. Esta situación refleja fallas en el cumplimiento de las políticas estatales relacionadas con las reservas indígenas, y lo estipulado en la Ley Indígena en cuanto a la asignación presupuestal para la recuperación de tierras ubicadas dentro de una reserva, pero que se encuentran en manos de no indígenas.

Transculturación

A medida que las comunidades indígenas de Chirripó tienen mayor contacto con poblaciones aledañas, como Bajo Pacuare, San Joaquín, Pacuare, Turrialba, sus expectativas van cambiando (salud, alimentación, vestido, vivienda, dinero en efectivo). En consecuencia, las comunidades indígenas se van incorporando al sistema del mercado, el cual conlleva necesidades de capital, oferta y demanda, y pre-

sión sobre los recursos naturales. Esto ha suscitado que los indígenas transformen sus tradicionales patrones de consumo y producción de subsistencia a una producción con excedentes para el mercado; Hopkins (1994) encontró una situación parecida en Namaldí. Así, los recursos provenientes del bosque son relegados a un segundo plano pues su comercialización está restringida por las autoridades ambientales y su extracción conlleva necesidades de recursos técnicos y financieros. Hoy en día, productos como artesanías, herramientas y frutos silvestres han perdido valor y son remplazados por artículos importados a la reserva o cultivos introducidos por agentes externos.

Marco legal

Otro factor que incide en la pérdida de importancia de los productos del bosque es el marco legal y jurídico que rige el aprovechamiento y comercialización de los recursos naturales en las reservas indígenas. Cajiao (2002) analiza las contradicciones de la legislación indígena, la cual, por un lado, busca la protección de los recursos naturales y el desarrollo y bienestar de las comunidades, y por otro restringe la explotación de los productos y subproductos del bosque con fines comerciales. El Dictamen C-228-99 de la Procuraduría General de la República (19 nov. 1999) acerca del aprovechamiento forestal dentro de las reservas indígenas confirma tal prohibición (Cajiao 2002).

Nivel de organización de las comunidades

A diferencia de lo que sucede en las comunidades cabécares de Talamanca, en la costa Atlántica se ha conformado la Asociación de Pequeños Productores de Talamanca para la comercialización de cacao y banano (Hinojosa 2002). En Chirripó no hay ninguna asociación que agrupe a los

productores y les permita negociar directamente sus productos con las empresas procesadoras o los clientes en las ferias o plazas de mercado; esto incide negativamente en el mercadeo desde y hacia estas comunidades.

Los productos forestales no maderables

La comercialización de productos forestales no maderables se ve obstaculizada por:

1. Poca participación de dichos productos en el mercado nacional e internacional, ya sea por la baja demanda o por la escasa promoción de los mismos.
2. Pocos estudios realizados sobre la biodiversidad de la región que permitan aclarar el panorama legal y político, su valor concreto en términos económicos, biológicos y culturales para las comunidades indígenas.
3. Su explotación tradicional, en forma de materia prima, sin ningún valor agregado localmente.

Problemática ambiental

La alta precipitación característica de la región y la falta de infraestructura, especialmente de buenas vías de comunicación, inciden directamente sobre el transporte de los productos desde las poblaciones indígenas. Además, con frecuencia se pierden las cosechas por los deslizamientos que se presentan en la zona.

Conclusiones

1. A pesar de la amplia variedad de especies vegetales presentes en los bosques de la Reserva Indígena Cabécar de Alto Chirripó, son pocos los productos forestales utilizados como materia prima para la construcción de viviendas, como leña o como plantas medicinales. Esto se debe, principalmente, a la pérdida del conocimiento indígena y del valor socioeconómico, ecoló-

gico y cultural que dichas especies representaron en épocas pasadas.

2. Hoy en día, el bosque y sus recursos desempeñan un papel secundario en los diferentes canales de comercialización legales de las comunidades indígenas de Chirripó. Entre los factores implicados en esta situación figuran la falta de capacitación técnica para la implementación de planes de manejo, la poca claridad para

los pobladores en cuanto a la viabilidad legal de los mismos, la poca infraestructura existente, la pérdida de valores y de prácticas tradicionales producto del contacto permanente e inadecuado con poblaciones “no indígenas” y el poco valor estético y económico que representan en el mercado nacional los productos provenientes de las poblaciones indígenas. 🌿

Literatura citada

- Borge, C. 2003. Caracterización sociocultural de los Cabécares de Chirripó. In Congreso sobre Pueblos Indígenas (2, San José, CR). Memoria. San José, CR, UCR. 302 p.
- Cajiao, MV. 2002. Guía legal para reconocer el derecho de los pueblos indígenas al aprovechamiento y manejo de los recursos naturales en los territorios indígenas de Costa Rica: los derechos de los pueblos indígenas a sus recursos naturales. San José, CR, OIT. 165 p. (Serie guías legales-Derechos indígenas No.2).
- Castro, EM. 2004. Plan de Conservación ADI Cabécar de Chirripó. Limón, CR. Programa de Pago por Servicios Ambientales. Asociación de Organizaciones del Corredor Biológico Talamanca – Caribe. 6 p.
- CONAI (Comisión Nacional de Asuntos Indígenas CR). s.f. Proyecto desarrollo sostenible y recuperación de tierra para la reserva indígena de Chirripó Duchi. San José, CR, CONAI. 69 p.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2003. Situación de los bosques del mundo: Parte 1: Situación y acontecimientos recientes en el sector forestal (en línea). Roma, IT, FAO. 12 p. Consultado 04-04-2004. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/005/y7581s/y7581s01.pdf>.
- García P, E. 2001. Análisis de la información sobre productos forestales madereros en los países de América Latina. Santiago, CL, FAO. 19 p. Proyecto información y análisis para el manejo forestal sostenible: integrando esfuerzos nacionales e internacionales en 13 países tropicales en América Latina. Consultado 10-04-2004. http://www.rlc.fao.org/proyecto/rla133ec/Productos_forestales-pdf/productos_forestales%20Mex.PDF.
- Geilfus, F. 1998. 80 herramientas para el desarrollo participativo: diagnóstico, planificación, monitoreo y evaluación. San Salvador, SV, IICA/Holanda-GTZ, EDICPSA. 208 p.
- Guevara B, M; Vargas, JC. 2000. Perfil de los pueblos indígenas de Costa Rica: informe final. Consultado 24-09-2004. [http://wbln0018.worldbank.org/LAC/lacinfoclient.nsf/8d6661f6799ea8a48525673900537f95/40e93b74784fc9d985256ee8005a94b1/\\$FILE/Perfiles_Costarica_spa.pdf](http://wbln0018.worldbank.org/LAC/lacinfoclient.nsf/8d6661f6799ea8a48525673900537f95/40e93b74784fc9d985256ee8005a94b1/$FILE/Perfiles_Costarica_spa.pdf).
- Hinojosa, VR. 2002. Comercialización y certificación de cacao (*Theobroma cacao* Linn.) y banano (*Musa AAA*) orgánico de las comunidades indígenas de Talamanca, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 96 p.
- Hopkis, A. 1994. Human ecological interactions between an indigenous and rural latin community in Costa Rica. Senior project, Prescott College. Turrialba, CR, CATIE/Olafo. 66 p.
- Loría M, A. 1999. Etnografía de la población indígena cabécar de Chirripó: diagnóstico del contexto geográfico, socioeconómico y sociocultural. Reporte final. San José, CR, UNESCO. Consultado 03-04-2004. <http://www.unesco.org/mab/capacity/mys/98/martinez/martinez-rep.pdf>.
- McKenzie, T. 2000. Actualización de la metodología estadística para el sector forestal industrial de Costa Rica. Cooperación en los sectores forestal y maderero, Convenio Costarricense-Alemán (COSEFORMA), Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO), Oficina Nacional Forestal (ONF). San José, CR. 39 p.
- Mikkelsen, B. 1995. Methods for development work and research. A guide for practitioners. California, US. Sage publications. 296 p.
- Nasi, R; Wunder, S; Campos, J. 2002. Servicios de los ecosistemas forestales: ¿Podrían ellos pagar para detener la deforestación? Turrialba, CR, CATIE. 37 p. (Serie Técnica. Informe Técnico no. 331).
- Ramírez, G. 2002. Problemas y oportunidades para el manejo forestal indígena en América Latina. In UBC (University of British Columbia CA). 2002. Perspectivas mundiales sobre el manejo forestal de los pueblos indígenas: vinculando a las comunidades, el comercio y la conservación. Vancouver, CA. Consultado 07-11-2004. www.forest-trends.org/resources/pdf/VancouverMemorias.pdf.
- Vásquez, RI. 1998. Characterization of use of tropical natural resources by the cabécar indians of Telire, Costa Rica. Thesis MSc. Ohio, US, Ohio State University. 112 p.

Modelos alométricos para la estimación de biomasa de diez especies nativas en plantaciones en la región Atlántica de Costa Rica

Marcelino Montero M.

Investigador Forestal, Consultor, Dinámica de Plantaciones
Universidad de Helsinki, Finlandia / CATIE
mmontero@catie.ac.cr

Florencia Montagnini

Yale University, School of Forestry and Environmental Studies
florencia.montagnini@yale.edu

Los modelos alométricos ajustados para predecir la biomasa aérea seca de cada componente del árbol para las diez especies nativas de las plantaciones en la región Atlántica de Costa Rica, mostraron altos coeficientes de determinación, mayores de $r^2 > 0.95$, utilizando en la mayoría de los casos el diámetro a la altura del pecho (dap) como variable predictora de la biomasa.



Fotos: Andrés Sanchún H.

Resumen

Es importante investigar la producción de biomasa y carbono de plantaciones, especialmente de las especies que producen madera de buena calidad, lo cual resulta en un almacenamiento del carbono fijado a más largo plazo.

En Costa Rica desde hace unos quince años los agricultores están plantando especies forestales nativas, las cuales pueden contribuir a la toma de carbono atmosférico. Por este motivo es necesario determinar modelos matemáticos que permitan el cálculo de la biomasa de las especies sin que sea necesario el raleo para su determinación directa.

En el presente trabajo se estimaron modelos alométricos para diez especies nativas en plantaciones experimentales en la Estación Biológica La Selva, en la vertiente Atlántica de Costa Rica, utilizando datos de altura total, diámetro a la altura del pecho (dap), y biomasa seca proveniente de un raleo realizado en las plantaciones a los 8 años de edad.

El dap fue la variable más correlacionada con la biomasa aérea seca. En promedio para las diez especies, el fuste mostró una correlación de $r = 0,97$, las ramas un $r = 0,75$, hojas $r = 0,87$ y la biomasa seca aérea total presentó un $r = 0,97$. Es una ventaja que los modelos consideren sólo la variable dap, ya que los inventarios de plantaciones o bosques naturales siempre consideran esta variable por su facilidad de medición en el campo. Los modelos alométricos desarrollados para cada especie pueden ser utilizados en condiciones similares a las del presente estudio para estimar la biomasa de cada especie de manera confiable, ya que estadísticamente todos los modelos mostraron valores altos en los coeficientes de determinación.

Palabras claves: Producción de biomasa; almacenamiento de carbono; captura de carbono atmosférico; árboles forestales; especies nativas; modelos matemáticos; Estación Biológica La Selva, Costa Rica.

Summary

Allometric equations for estimation of biomass for ten native tree species growing in plantations in the Atlantic region of Costa Rica.

Research on biomass production and carbon sequestration in plantation forestry is becoming increasingly important, especially for those species that yield good quality timber, since in this case the carbon is sequestered and stored in the long term. In Costa Rica, over the last fifteen years farmers have been planting native tree species that can contribute to carbon sequestration and storage. There is a need to develop mathematical models that allow calculation of biomass production by tree species without the need of destructive sampling. In the present article we estimated allometric models for ten native tree species growing in experimental plantations at La Selva Biological Station in the Atlantic lowlands of Costa Rica, using data on total height, diameter at breast height (dbh), and dry biomass from thinnings done in the plantations at 8 years of age. The dbh was the variable that had the best correlation with dry aerial biomass. On average for the ten species, the stem had a correlation of $r = 0,97$, the branches $r = 0,75$, leaves $r = 0,87$ and total dry biomass $r = 0,97$. It is advantageous that the models consider only the dbh variable, since surveys of plantations or natural forests always consider this variable because it is easy to measure in the field. The allometric models developed for each species can be used in conditions similar to those of the present study to estimate biomass of each species in a reliable manner, since all the models showed high values of coefficients of determination.

Keywords: Biomass production; carbon storage; atmospheric carbon capture; forest trees; native species; mathematical models; La Selva Biological Station, Costa Rica.

El uso de plantaciones forestales para la acumulación de carbono de la atmósfera se ha incrementado en la última década (Cairns and Meganck 1994). Aunque las plantaciones acumulan carbono a una tasa más rápida que los bosques, éstos conservan más carbono por hectárea. Sin embargo, las opciones para acumular carbono deben incluir las plantaciones, ya que éstas absorben carbono y proveen beneficios económicos (Shepherd y Montagnini 1999). Es necesario probar la capacidad de crecimiento y de acumulación de biomasa de muchas especies forestales utilizadas en plantaciones, tanto exóticas como nativas, en todo tipo de ambientes tropicales. Es especialmente importante la investigación de las especies que producen madera de buena calidad, lo cual resulta en un almacenamiento del carbono fijado a más largo plazo (Montagnini y Porras, 1998; Montero y Kanninen, en prensa).

En la región Atlántica de Costa Rica se ha estado trabajando con plantaciones de especies forestales nativas desde hace más de una década, investigando su crecimiento en condiciones puras y mixtas (Montagnini *et al.* 1995). En dos ocasiones, haciendo uso del material de raleos, se calculó la biomasa de fuste, ramas, follaje y total, por árbol y por hectárea (Montagnini y Porras 1998, Shepherd y Montagnini 1999, Shepherd y Montagnini 2001). Sin embargo, estos son métodos destructivos y laboriosos que dificultan estos cálculos. El uso de ecuaciones alométricas basado en relaciones matemáticas entre parámetros relativamente fáciles de medir, tales como el diámetro, permite el cálculo de la biomasa de una especie forestal de una manera no destructiva y extrapolable a situaciones de crecimiento similares. En un trabajo anterior, se presentaron modelos matemáticos para la estimación de diferentes componentes de biomasa,

para diez especies que han demostrado mejor crecimiento y adaptabilidad en la región Atlántica de Costa Rica (Ugalde *et al.* 2002). En ese trabajo se utilizaron datos de biomasa verde de las especies. En el presente trabajo se utilizan datos de la biomasa seca para esas mismas diez especies, que son más aplicables a diferentes condiciones.

El uso de ecuaciones alométricas basado en relaciones matemáticas entre parámetros relativamente fáciles de medir, tales como el diámetro, permite el cálculo de la biomasa de una especie forestal de una manera no destructiva y extrapolable a situaciones de crecimiento similares.

Metodología

Descripción del área de estudio

Este trabajo se realizó en la Estación Biológica La Selva, ubicada sobre la vertiente Atlántica de Costa Rica (10° 26' N, 86° 59' O). La temperatura media anual es de 24°C y la precipitación media anual es de 4000 mm. La elevación promedio es de 50 m. Los suelos son Fluventic Dystropepts derivados de aluviones volcánicos, y son profundos, bien drenados, libres de rocosidad, ácidos, con materia orgánica media o baja, bajo contenido de nutrientes y textura moderadamente pesada (Sancho y Mata 1987). El bosque original fue cortado a mediados de los años 50, y el sitio se utilizó para pastoreo de ganado hasta 1981. El presente trabajo fue realizado en plantaciones experimentales de especies nativas, mixtas y puras,

que habían sido establecidas en 1991-1992 con el fin de realizar estudios de crecimiento, productividad y circulación de nutrientes.

Las plantaciones estaban diseñadas al azar, con cuatro repeticiones de cada tratamiento. Cada tratamiento estaba ubicado en una parcela de 32 x 32 m. Dentro de cada bloque fueron marcadas seis parcelas o tratamientos: cuatro de especies arbóreas en plantación pura, una mezcla de las cuatro especies plantadas sistemáticamente, y una parcela con regeneración natural o testigo. La selección de las especies para las plantaciones se realizó en función del buen crecimiento (González y Fisher, 1994), valor económico, impacto potencial sobre el suelo, circulación de nutrientes (descomposición de hojarasca y efectos sobre los nutrientes del suelo) (Montagnini y Sancho, 1990; 1994; Montagnini *et al.* 1995), y disponibilidad de plántulas. Las plantaciones fueron raleadas a los tres y a los seis años, con lo cual la distancia original de 2 x 2 m se amplió a 4 x 4 m aproximadamente.

En el presente estudio, las plantaciones se ralearon por tercera vez a la edad de ocho años, eliminando árboles de las parcelas siguiendo criterios silviculturales. Además, en cada parcela se seleccionaron de 6 a 10 árboles según la especie, para medición de diámetros en cm (dap) y las alturas totales en m, y la cuantificación de biomasa. Se separó en los componentes fuste, ramas y hojas, se pesó en el campo en kilogramos, y se tomaron sub-muestras de cada componente de aproximadamente un kilogramo de peso, para secar en una estufa a 70 °C. Se usó la relación peso seco: peso húmedo para corregir los datos de campo y así obtener la biomasa aérea seca de cada componente del árbol. Para los cálculos de las relaciones alométricas, se utilizaron solamente datos de los árboles que representaban los diámetros más frecuentes para cada especie.

Generación de ecuaciones alométricas

Inicialmente todos los datos fueron evaluados mediante la matriz de correlación simple de Pearson del programa SYSTAT 10, para observar si existía correlación (r) entre las variables dap y altura con las variables de biomasa de cada componente y de cada especie.

Las regresiones lineales usadas en la determinación de la relación del diámetro (dap) y la altura total (H) con respecto a los componentes de la biomasa del árbol de las diez especies nativas, fueron realizadas con el programa estadístico SYSTAT 10. La selección de los modelos se realizó mediante la creación de gráficos, observando el comportamiento de los valores calculados por el modelo vs los calculados para biomasa aérea seca, y estadísticamente mediante el mayor valor del coeficiente de determinación ajustado (r^2 ajustado) de cada modelo y el cuadrado medio del error (CME) (Parresol 1999), así como también considerando que los parámetros de cada modelo fueran estadísticamente significativos, al menos con una $P < 0.05$.

Los modelos alométricos que se probaron para determinar la biomasa de cada componente en función del diámetro y la altura para cada componente del árbol fueron los siguientes:

$$\ln(Y) = a + b * \ln(\text{dap}) \dots\dots\dots (1)$$

$$Y = a + b * (\text{dap}^2) + (c * H) \dots\dots (2)$$

$$\ln(Y) = a + b * \ln(\text{dap}) + c * \ln(H) \dots (3)$$

Donde “Y” es la biomasa del componente del árbol en Kg (fuste, ramas, follaje o total), “a”, “b” y “c” son los parámetros a estimar, “ln” es el logaritmo natural, el “dap” es el diámetro a 1.3 m de altura en cm y “H” es la altura total del árbol en m.

Sprugel (1983) indica que todos los modelos alométricos con transformaciones logarítmicas deben ser corregidos por un factor de corrección (FC), por lo que el resultado obtenido al usar cualquier modelo debe ser multiplicado por el FC de cada uno. La ecuación que sugiere este autor y que se usó para calcular el FC es la siguiente:

$$FC = \exp \left(\frac{SSE^2}{2} \right)$$

Donde FC es el factor de corrección y SSE es el error estándar estimado por la regresión.

Resultados

Los valores observados de peso verde de cada componente y especie fueron transformados a peso seco (valores calculados), los cuales se presentan en el Cuadro 1. En este cuadro se resume el ámbito en extremos y promedio de los valores observados y calculados de las variables que se usaron en la generación de modelos que predijeran el comportamiento de la biomasa aérea seca de cada componente por árbol para cada especie nativa.

Con la base de datos del Cuadro 1, para cada especie se ajustaron tres tipos de modelos alométricos (modelo 1, 2 y 3), uno en función del dap y los otros en función del dap y la altura para predecir la biomasa aérea seca de los diferentes componentes del árbol para las diez especies nativas.

Aunque en el Cuadro 1 se presentan datos del componente de biomasa de ramas para *J. copaia*, el número de observaciones no permitió el ajuste de un modelo predictor de este componente para esta especie.

Cuadro 1.

Valores mínimos, máximos y promedios obtenidos por árbol y especie de las variables medidas y calculadas por componente

| Especie | dap (cm) | | | H (m) | | | Biomasa aérea seca por árbol para cada componente (kg) | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|----------|------|-------|-------|------|-------|--|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | | | | Fuste | | | Ramas | | | Hojas | | | Total | | |
| | Mín. | Máx. | Prom. | Mín. | Máx. | Prom. | Mín. | Máx. | Prom. | Mín. | Máx. | Prom. | Mín. | Máx. | Prom. | Mín. | Máx. | Prom. |
| <i>Calophyllum brasiliense</i> | 8,9 | 19,6 | 14,1 | 12,7 | 15,3 | 14,2 | 16,3 | 114,0 | 57,3 | 2,9 | 42,4 | 20,2 | 1,7 | 25,6 | 11,0 | 20,8 | 182,0 | 88,5 |
| <i>Vochysia guatemalensis</i> | 8,5 | 31,4 | 20,4 | 11,2 | 24,3 | 18,6 | 9,0 | 225,6 | 97,2 | 1,7 | 54,7 | 12,1 | 1,3 | 9,3 | 4,8 | 9,6 | 245,0 | 112,7 |
| <i>V. ferruginea</i> | 9,8 | 24,9 | 16,3 | 14,6 | 17,1 | 15,8 | 11,0 | 57,6 | 30,6 | 0,6 | 36,6 | 11,3 | 0,1 | 12,2 | 5,3 | 11,8 | 106,4 | 47,2 |
| <i>Jacaranda copaia</i> | 8,1 | 27,0 | 17,3 | 9,7 | 24,2 | 18,9 | 3,8 | 60,5 | 31,6 | 2,1 | 14,4 | 6,4 | 0,5 | 3,7 | 1,6 | 4,3 | 78,6 | 31,8 |
| <i>Virola koschnyi</i> | 8,6 | 22,5 | 15,9 | 11,2 | 18,2 | 16,0 | 4,4 | 50,9 | 27,6 | 0,3 | 16,5 | 7,6 | 0,2 | 7,4 | 3,6 | 4,8 | 74,4 | 38,8 |
| <i>Dipterys panamensis</i> | 8,3 | 18,9 | 13,7 | 13,5 | 18,8 | 17,4 | 18,7 | 186,1 | 89,5 | 4,2 | 59,5 | 29,3 | 1,6 | 19,4 | 10,1 | 24,5 | 256,2 | 128,9 |
| <i>Terminalida amazonia</i> | 9,7 | 26,0 | 17,8 | 13,8 | 23,0 | 19,6 | 21,6 | 263,1 | 130,8 | 4,6 | 80,6 | 39,7 | 1,8 | 25,8 | 12,8 | 28,1 | 360,5 | 183,3 |
| <i>Genipa americana</i> | 7,6 | 19,8 | 12,5 | 8,3 | 14,6 | 11,4 | 6,2 | 61,0 | 24,2 | 0,2 | 47,2 | 12,5 | 0,1 | 8,8 | 2,7 | 6,4 | 117,0 | 39,4 |
| <i>Hyeronima alchorneoides</i> | 9,5 | 20,5 | 14,9 | 13,1 | 19,9 | 17,1 | 14,8 | 93,2 | 53,6 | 10,2 | 58,0 | 29,8 | 0,1 | 9,9 | 4,5 | 35,4 | 159,5 | 87,9 |
| <i>Balizia elegans</i> | 8,9 | 17,5 | 12,9 | 9,0 | 16,9 | 12,7 | 3,4 | 23,5 | 11,8 | 0,6 | 13,7 | 4,3 | 0,1 | 3,5 | 1,1 | 5,2 | 40,6 | 17,3 |

dap : diámetro a 1,3 m de altura H : altura total Mín. : valor mínimo Máx. : valor máximo Prom. : promedio

Cuadro 2.

Modelos seleccionados y valor de los parámetros y estadísticas de regresión de los modelos ajustados para estimar la biomasa aérea seca de los componentes de cada árbol en función del dap y la altura para todas las especies

| Especie | Componente | Modelo | n | Parámetros | | | r ² | r ² _{ajustado} | CME | FC |
|--------------------------------|------------|--------|---|-------------|----------|-----------|----------------|------------------------------------|-------|------|
| | | | | a | b | c | | | | |
| <i>Calophyllum brasiliense</i> | fuste | 1 | 6 | - 2.570 s | 2.454 as | | 0.98 | 0.98 | 0.011 | 1.01 |
| <i>Vochysia guatemalensis</i> | fuste | 1 | 9 | - 3.044 as | 2.450 as | | 0.99 | 0.99 | 0.003 | 1.00 |
| | | 3 | 9 | - 3.867 as | 2.048 as | 0.697 s | 0.99 | 0.99 | 0.001 | 1.00 |
| <i>V. ferruginea</i> | fuste | 1 | 7 | - 1.776 as | 1.804 as | | 0.99 | 0.99 | 0.004 | 1.00 |
| <i>Jacaranda copaia</i> | fuste | 1 | 7 | - 3.581 as | 2.405 as | | 0.95 | 0.94 | 0.062 | 1.03 |
| <i>Virola koschnyi</i> | fuste | 1 | 8 | - 3.679 as | 2.481 as | | 0.98 | 0.98 | 0.013 | 1.01 |
| <i>Dipterys panamensis</i> | fuste | 1 | 6 | - 2.831 as | 2.747 as | | 0.99 | 0.99 | 0.005 | 1.00 |
| <i>Terminalia amazonia</i> | fuste | 1 | 7 | - 2.473 as | 2.501 as | | 0.99 | 0.99 | 0.011 | 1.01 |
| <i>Genipa americana</i> | fuste | 1 | 6 | - 2.934 as | 2.358 as | | 0.98 | 0.98 | 0.016 | 1.01 |
| <i>Hyeronima alchorneoides</i> | fuste | 1 | 7 | - 3.136 s | 2.591 as | | 0.96 | 0.95 | 0.029 | 1.01 |
| <i>Balizia elegans</i> | fuste | 1 | 6 | - 4.491 s | 2.672 as | | 0.96 | 0.95 | 0.027 | 1.01 |
| <i>C. brasiliense</i> | ramas | 1 | 6 | - 5.773 s | 3.226 s | | 0.92 | 0.91 | 0.099 | 1.05 |
| <i>V. guatemalensis</i> | ramas | 1 | 6 | - 1.872 s | 1.202 s | | 0.92 | 0.90 | 0.028 | 1.01 |
| <i>V. ferruginea</i> | ramas | 1 | 6 | - 10.100 as | 4.285 as | | 0.99 | 0.99 | 0.013 | 1.01 |
| <i>J. copaia</i> | ramas | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>V. koschnyi</i> | ramas | 1 | 8 | - 9.279 as | 3.962 as | | 0.96 | 0.95 | 0.098 | 1.05 |
| <i>D. panamensis</i> | ramas | 1 | 6 | - 6.137 s | 3.534 as | | 0.93 | 0.92 | 0.094 | 1.05 |
| <i>T. amazonia</i> | ramas | 1 | 5 | - 4.876 s | 2.844 as | | 0.99 | 0.97 | 0.044 | 1.02 |
| <i>G. americana</i> | ramas | 1 | 5 | - 12.710 as | 5.641 as | | 0.98 | 0.97 | 0.134 | 1.07 |
| <i>H. alchorneoides</i> | ramas | 1 | 6 | - 8.615 as | 4.234 as | | 0.98 | 0.98 | 0.027 | 1.01 |
| <i>B. elegans</i> | ramas | 1 | 4 | - 8.661 as | 3.949 as | | 0.98 | 0.98 | 0.044 | 1.02 |
| <i>C. brasiliense</i> | hojas | 1 | 6 | - 6.825 s | 3.379 as | | 0.95 | 0.93 | 0.072 | 1.04 |
| <i>V. guatemalensis</i> | hojas | 1 | 7 | - 4.229 as | 1.856 as | | 0.97 | 0.95 | 0.036 | 1.02 |
| <i>V. ferruginea</i> | hojas | 1 | 8 | - 12.761 s | 4.976 s | | 0.86 | 0.84 | 0.454 | 1.26 |
| <i>J. copaia</i> | hojas | 3 | 6 | - 2.787 s | 3.729 as | - 2.510 s | 0.99 | 0.98 | 0.015 | 1.01 |
| <i>V. koschnyi</i> | hojas | 1 | 8 | - 8.988 s | 3.610 s | | 0.89 | 0.87 | 0.217 | 1.11 |
| <i>D. panamensis</i> | hojas | 1 | 6 | - 6.256 s | 3.197 as | | 0.95 | 0.94 | 0.053 | 1.03 |
| <i>T. amazonia</i> | hojas | 1 | 6 | - 5.456 s | 2.622 as | | 0.93 | 0.91 | 0.090 | 1.05 |
| <i>G. americana</i> | hojas | 1 | 6 | - 12.804 s | 5.195 s | | 0.81 | 0.76 | 0.960 | 1.62 |
| <i>H. alchorneoides</i> | hojas | 1 | 6 | - 6.404 s | 2.876 as | | 0.95 | 0.93 | 0.034 | 1.02 |
| <i>B. elegans</i> | hojas | 1 | 5 | - 6.350 s | 2.528 s | | 0.83 | 0.77 | 0.164 | 1.09 |
| <i>C. brasiliense</i> | total | 1 | 6 | - 2.829 s | 2.704 as | | 0.98 | 0.98 | 0.015 | 1.01 |
| <i>V. guatemalensis</i> | total | 1 | 9 | - 2.815 s | 2.428 as | | 0.97 | 0.96 | 0.044 | 1.02 |
| <i>V. ferruginea</i> | total | 1 | 8 | - 3.252 s | 2.492 as | | 0.95 | 0.94 | 0.039 | 1.02 |
| <i>J. copaia</i> | total | 1 | 6 | - 4.398 as | 2.765 as | | 0.98 | 0.98 | 0.029 | 1.01 |
| <i>V. koschnyi</i> | total | 1 | 8 | - 4.132 as | 2.755 as | | 0.98 | 0.97 | 0.022 | 1.01 |
| <i>D. panamensis</i> | total | 1 | 6 | - 3.011 as | 2.947 as | | 0.99 | 0.99 | 0.006 | 1.00 |
| <i>T. amazonia</i> | total | 1 | 6 | - 2.538 as | 2.614 as | | 0.99 | 0.99 | 0.007 | 1.00 |
| <i>G. americana</i> | total | 1 | 6 | - 4.084 as | 2.958 as | | 0.99 | 0.98 | 0.020 | 1.01 |
| <i>H. alchorneoides</i> | total | 1 | 5 | - 1.696 s | 2.224 as | | 0.98 | 0.98 | 0.008 | 1.00 |
| <i>B. elegans</i> | total | 1 | 5 | - 4.820 s | 2.959 as | | 0.96 | 0.95 | 0.043 | 1.02 |

n : número de observaciones a, b y c: parámetros estimados s : estadísticamente significativo (P < 0.05) as : altamente significativo (P < 0.01)
r² : coeficiente de determinación r²_{ajustado} : coeficiente de determinación ajustado CME : cuadrado medio del error FC : factor de corrección

El valor de los parámetros y las estadísticas obtenidas de los modelos que mejor ajuste mostraron en la predicción de la biomasa en función del dap y la altura, para cada uno de los componentes de cada especie, se presenta en el Cuadro 2.

Las variables dap y altura mostraron muy buena correlación (r) con las variables de biomasa de cada componente y de cada especie, como se observó en la matriz de correlación simple de Pearson del programa SYSTAT 10. Los modelos ajustados muestran un coeficiente de determinación ajustado (r^2 ajustado), bastante alto, variando entre 0.81 y 0.99 para todas las especies. Los parámetros de cada modelo fueron al menos significativos estadísticamente, con una probabilidad del 95 % ($P < 0.05$) y en algunos casos mayor el grado de confiabilidad de los parámetros (Cuadro 2).

En la prueba de normalidad de los datos, se observó que los modelos presentan una distribución normal, lo que permitió un buen ajuste de los modelos.

Con respecto al factor de corrección sugerido por Sprugel (1983), en el componente fuste éste varió de 1,00 a 1,03, en ramas entre 1,01 y 1,07, mientras que en hojas este valor mostró un rango más amplio de 1,01 a 1,26, este valor máximo lo obtuvo el modelo de la especie *V. ferruginea*. En el caso de la biomasa aérea total este valor se reduce considerablemente, entre 1,01 y 1,02.

La curva de ajuste de los modelos seleccionados en función del dap, junto con los datos calculados de biomasa seca aérea por árbol de cada componente para las diez especies nativas se presenta en la Fig. 1. El ajuste de estos modelos con los datos calculados para biomasa aérea seca mostró una relación muy estrecha con el dap y en algunos casos con la altura total.

Generados los modelos para cada componente y especie se graficó la

dispersión de los residuales contra los valores esperados de la biomasa aérea seca y no se observó una tendencia que pudiera rechazar los resultados de los análisis realizados.

El dap fue la variable más correlacionada con la biomasa aérea seca de los diferentes componentes del árbol. Es una ventaja que los modelos consideren sólo la variable dap, ya que los inventarios de plantaciones o bosques naturales siempre consideran esta variable por su facilidad de medición en el campo.

Discusión

El dap fue la variable más correlacionada con la biomasa aérea seca de los diferentes componentes del árbol. En promedio para las diez especies el fuste mostró una correlación de $r = 0,97$, las ramas un $r = 0,75$, hojas $r = 0,87$ y la biomasa seca aérea total presentó un $r = 0,97$; correlación bastante alta, y similar a la obtenida en esta relación con modelos alométricos generados para diferentes especies en condiciones de bosque natural en el trópico y plantaciones (Brown *et al.* 1989; Brown y Iverson, 1992; Pérez y Kanninen, 2003, Pérez y Kanninen, 2002; Montero y Kanninen, 2002 y Acosta *et al.* 2002).

Es una ventaja que los modelos consideren sólo la variable dap, ya que los inventarios de plantaciones o bosques naturales siempre consideran esta variable por su facilidad de medición en el campo.

La corrección sugerida por Sprugel (1983), es indicada cuando

se ajustan modelos con datos transformados, como en este estudio, en que se usaron datos logaritmizados para homogenizar éstos y obtener un mejor ajuste en los modelos. En este cálculo correctivo, se pudo observar que el valor del FC se minimiza en el caso de la biomasa aérea total entre 1.01 a 1.02, al compararlo con los obtenidos para cada componente de las diez especies (Cuadro 2).

En el caso del componente fuste de *V. guatemalensis* los modelos seleccionados fueron el “1 y el 3”, donde interviene además del dap la altura, ya que los parámetros para estos dos modelos fueron significativos estadísticamente y con un coeficiente de determinación de $r^2 = 0,99$. Para la especie *J. copaia* en el componente hojas, el cálculo de ésta se debe realizar con el modelo “3”, que fue el modelo que mejor ajuste mostró para predecir este componente, donde la biomasa depende no sólo del dap sino también de la altura total. En el caso de las ramas no se logró el ajuste de ningún modelo, esto debido a que no se contó con un número suficiente de observaciones que permitiera el ajuste estadístico de este componente para esta especie (Cuadro 2, Fig. 1).

A excepción de lo anterior, todos los demás modelos para los componentes y especies mostraron coeficientes de determinación (r^2) en el caso de la biomasa aérea seca total mayores que 0,95. Los valores más altos ($r^2 = 0,99$) los obtuvieron *D. panamensis*, *T. amazonia* y *G. americana* (Cuadro 2). Los modelos alométricos para estimar biomasa han proporcionado buenos ajustes con otras especies. Por ejemplo, Pérez y Kanninen (2003) con *Tectona grandis*, Montero y Kanninen (2002) con *Terminalia amazonia*, Pérez y Kanninen (2002) con *Bombacopsis quinata*, también obtuvieron resultados excelentes en el ajuste de modelos para estimar biomasa a partir de la variable dap, todo esto en condición de plantaciones.

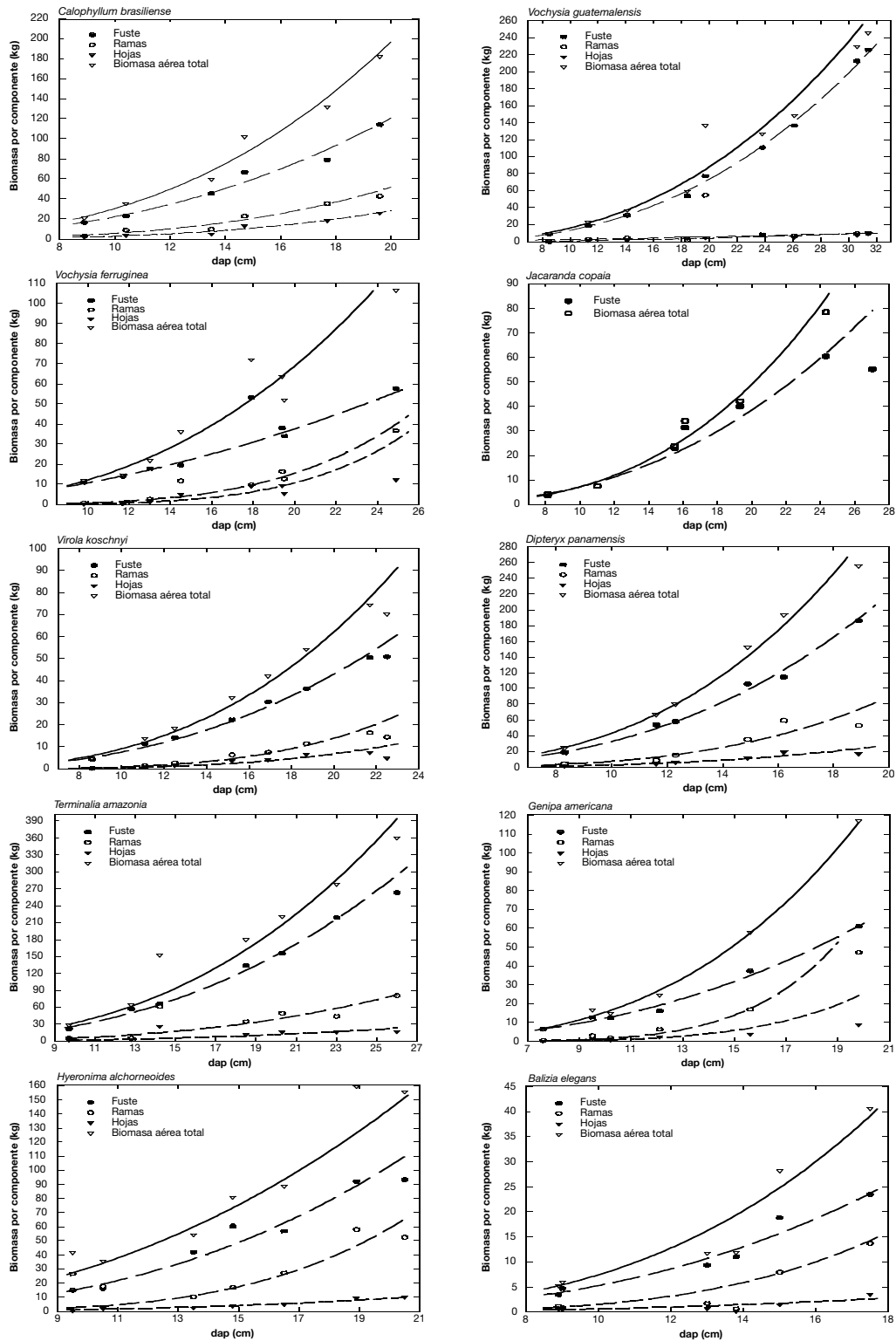


Figura 1. Dispersión de los datos “calculados de biomasa aérea seca” de cada componente y las curvas de los modelos seleccionados en función del dap para las diez especies nativas

Experiencias similares, pero en bosque natural para estimar la biomasa total las reporta Acosta *et al.* (2002). Estos autores obtuvieron $r^2 > 0.97$ para seis especies del bosque mesófilo de montaña y bosque de encino, en Oaxaca, México, con un número de observaciones similar a las de este estudio. Otras experiencias son las de Brown e Iverson, (1992) y Brown *et al.* (1989).

Pero no todos los casos son satisfactorios: por ejemplo, Geron y Ruark (1988) citado por Acosta *et al.* (2002) al utilizar el dap como variable predictora de la biomasa foliar de *Pinus radiata* obtuvieron un r^2 de apenas 0,62, aunque éste mejoró cuando se utilizó el diámetro del tronco medido en la base de la copa ($r^2 = 0,94$).


Conclusiones

Los modelos alométricos ajustados para predecir la biomasa aérea seca de cada componente del árbol para las diez especies nativas de las plantaciones en la región Atlántica de Costa Rica, mostraron altos coeficientes de determinación, mayores de $r^2 > 0.95$, utilizando en la mayoría de los casos el diámetro a la altura del pecho (dap) como variable predictora de la biomasa.

El buen ajuste mostrado de cada modelo y el tener como variable predictora el dap son coincidentes con lo reportado en la literatura sobre investigaciones similares realizadas tanto en bosque natural como en plantaciones y en diferentes climas.

Estadísticamente todos los modelos mostraron valores altos en los coeficientes de determinación, y aún más, todos los parámetros fueron al menos significativos con un grado de confiabilidad del 95%.

Si se desea utilizar las funciones alométricas generadas en esta investigación en otras condiciones, se debe tener en cuenta el ámbito de datos con los que fueron generados y las condiciones de la región del presente estudio.

Cabe resaltar que los modelos alométricos desarrollados para cada especie pueden ser utilizados en condiciones similares a las del presente estudio para estimar la biomasa de cada especie de manera confiable. 

Literatura citada

- Acosta, MM; Vargas, H.J; Velázquez, MA; Etchevers, BJ. 2002. Estimación de la biomasa aérea mediante el uso de relaciones alométricas en seis especies arbóreas en Oaxaca, México. *Agrociencia* 36: 725-736.
- Brown, S; Gillespie, AJR; Lugo, AE. 1989. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. *Forest Science*. 35 (4): 381-902.
- _____; Iverson, LR. 1992. Biomass estimates for tropical forests. *World Resource Review*. 4 (3) 366-383.
- Cairns, MA; Meganck, RA. 1994. Carbon sequestration, biological diversity, and sustainable development: Integrated forest management. *Environmental Management* 18 (1): 13-22.
- Geron, CD; Ruark, GA. 1988. Comparison of constant and variable allometric ratios for predicting foliar biomass of various tree genera. *Can. J. for. Res.* 18 (10): 1298-1304.
- González, E; Fisher, RF. 1994. Growth of native forest species planted on abandoned pastureland in Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 70: 150-167.
- Montagnini, F; Sancho, F. 1990. Influencia de seis especies de árboles nativos sobre la fertilidad del suelo en una plantación experimental en la llanura del Atlántico en Costa Rica. *Yvyrareta* (Argentina) 1(1): 2949.
- _____; Sancho, F. 1994. Above-ground biomass and nutrients in young plantations of four indigenous tree species: implications for site nutrient conservation. *Journal of Sustainable Forestry* 1 (4): 115-139.
- _____; Porras, C. 1998. Evaluating the role of plantations as carbon sinks: An example of an integrating approach from the humid tropics. *Environmental Management* 22: 459-470.
- _____; González, E; Porras, C; Rheingans, R. 1995. Mixed and pure forest plantations in the humid neotropics: a comparison of early growth, pest damage and establishment costs. *Commonwealth Forestry Review* 74: 306-314.
- Montero MM; y Kanninen, M. 2002. Biomasa y Carbono en plantaciones de *Terminalia amazonia* (Gmel.) Excell en la zona Sur de Costa Rica. *Revista Forestal Centroamericana* No 39-40: 50-55 p.
- _____; y Kanninen, M. Carbono fijado a diferentes edades en plantaciones de *Terminalia amazonia*, *Tectona grandis* y *Bombacopsis quinata* en Costa Rica. (en prensa).
- Parresol, BR. 1999. Assessing tree and stand biomass: a review with examples and critical comparisons. *For. Sci.* 45 (4): 573-593.
- Pérez, CLD; Kanninen, M. 2002. Wood specific gravity and aboveground biomass of *Bombacopsis quinata* plantations in Costa Rica. *Forest. Ecology. Management*. 165 (1-3).
- _____; Kanninen, M. 2003. Aboveground biomass of *Tectona grandis* plantations in Costa Rica. *Journal of Tropical Forest Science* 15 (1): 199-213.
- Sancho, F; Mata, R. 1987. Estudio detallado de suelos. Estación Biológica La Selva. Organización para Estudios Tropicales, San José, Costa Rica, 162 p.
- Shepherd, D; Montagnini, F. 1999. Acumulación de carbono en plantaciones mixtas y puras en el trópico húmedo. *In Semana Científica CATIE* (4, 1999, Turrialba, CR). Logros de la investigación para el nuevo milenio. Turrialba, Costa Rica, CATIE. p. 345-349
- _____; Montagnini, F. 2001. Carbon Sequestration Potential in Mixed and Pure Tree Plantations in the Humid Tropics. *Journal of Tropical Forest Science* 13(3): 450-459.
- Sprugel, DG. 1983. Correcting for bias in log-transformed allometric equations. *Ecology* 64 (1): 209-210.
- Ugalde Arias, LA; Montagnini, F; Reiche, CR. 2002. Modelos preliminares para la estimación de biomasa para diez especies nativas de la zona Atlántica de Costa Rica. Taller-Seminario Nacional sobre Especies Nativas (2002, Heredia, CR) Memoria. Heredia, Costa Rica, UNA/ACEN/INISIFOR. p. 73-76.

Ecoturismo y desarrollo rural en el Parque Nacional La Cangreja, Costa Rica

Enrique Díaz González

MSc. Ciencias Ambientales, Wageningen
Universiteit, Holanda
ediazgonzalez@gmail.com;
ediaz@minambiente.gov.co

Kris van Koppen

Wageningen Universiteit, Holanda
Kris.vanKoppen@wur.nl

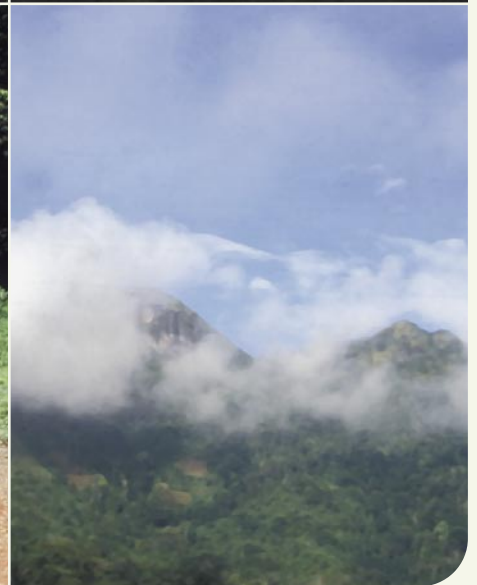
Jan Breitling

Departamento de Recursos Naturales y Paz,
Universidad para la Paz, Costa Rica
jbreitling@upeace.org

Ronnie de Camino

Departamento de Recursos Naturales y Paz,
Universidad para la Paz, Costa Rica
rcamino@upeace.org

En términos biofísicos, La Cangreja posee atributos turísticos únicos y complementarios de gran potencial para la práctica de ecoturismo. No obstante, dentro del marco nacional un producto ecoturístico en el área debe ser diseñado diferenciadamente, pues otros parques nacionales con una riqueza natural sobresaliente, como Manuel Antonio y Carara, se encuentran cerca, mejor equipados y con condiciones de acceso mucho menos problemáticas.



Resumen

El ecoturismo se viene perfilando como un elemento conciliador entre las estrategias de conservación de la naturaleza y el desarrollo rural comunitario. Costa Rica, por su parte, emerge en la esfera latinoamericana y mundial como un líder en esta faceta de la industria turística, particularmente debido a un amplio y complejo sistema de áreas naturales protegidas. Sin embargo, la simbiosis entre ecoturismo y desarrollo rural comunitario es compleja y depende de múltiples componentes. Este artículo expone los resultados de un estudio de caso en el Parque Nacional La Cangreja, donde de manera puntual se revisan tres elementos. 1) Se valoran las características biofísicas del parque y se determina su potencial ecoturístico. 2) Se analizan organizaciones comunitarias de la zona para medir su capacidad de gestión de una iniciativa ecoturística netamente local. 3) Se valora la sincronía entre los mecanismos de apoyo institucionales y los requerimientos de las organizaciones comunitarias revisadas. Se concluye que a pesar de la existencia de un potencial biofísico para el ecoturismo, la organización comunitaria en el área no está preparada para explotar las posibilidades ecoturísticas de la zona, e institucionalmente no existen mecanismos consistentes para solventar las falencias prioritarias de tales organizaciones. Lo anterior reduce el potencial de desarrollo rural que podría ser inducido por el parque. Una alternativa para aprovechar este potencial es dedicar más esfuerzos a la promoción de pequeños empresarios locales e independientes.

Palabras claves: Ecoturismo; desarrollo rural; participación comunitaria; conservación de la naturaleza; áreas silvestres protegidas; Parque Nacional La Cangreja.

Summary

Ecotourism and rural development. The case of La Cangreja National Park, Costa Rica.

Ecotourism has been presented as a way of linking nature conservation strategies and rural development. Costa Rica has emerged in Latin America and worldwide as a front-runner in this respect, partly due to its rich network of conservation areas. Nonetheless, the symbiosis between ecotourism and rural development is complex, and depends on multiple factors. This article presents the results of a research carried out at La Cangreja National Park, where three of these factors were investigated. Firstly, the biophysical characteristics of the Park were assessed in order to determine its ecotourism potential. Secondly, an analysis of local communal organizations was made to estimate their capacity of developing locally-based ecotourism initiatives. Lastly, a dialogue with institutional entities from the government and other sectors was established in order to evaluate the compatibility between the mechanisms of support managed by such institutions and the primary requirements of the communal organizations. It is concluded that despite considerable biophysical potential, the organizational capacity in the area assessed is poorly developed to exploit it. At the institutional level, there are mechanisms to promote ecotourism, but they fail to attend the immediate needs of local organizations and inhabitants. Such circumstances reduce the potential of the Park to ignite rural development. One of the ways to improve this potential is to dedicate more efforts to supporting small local entrepreneurs.

Keywords: Ecotourism; rural development; community participation; nature conservation; protected wild areas; La Cangreja National Park.

Mundialmente han emergido numerosas iniciativas para resaltar la importancia de las comunidades locales rurales como generadoras de cambio y desarrollo (Díaz 2004). Tal fenómeno ha evolucionado rápidamente después de la Cumbre Mundial de

Río como respuesta a la necesidad de encomendar la protección del medio ambiente y la búsqueda del desarrollo socioeconómico a todos los miembros de la sociedad por igual (Díaz 2004). Variadas actividades económicas han perseguido tales lineamientos y la industria turística

no es ajena a dicha tendencia, ya que ha promovido acciones concretas para lograr actividades más responsables ambiental y socialmente.

El ecoturismo es, quizás, una de las facetas de la industria que más expectativas ha suscitado, por presentarse no sólo como un generador

de divisas potencialmente menos destructivo para el ambiente, sino por proponer una mayor vinculación de las poblaciones locales rurales con la oferta de servicios turísticos y el aprovechamiento de sus beneficios (Honey 1999, Díaz 2004). En la práctica, sin embargo, el alcance de dichos objetivos ha sido limitado, en particular porque algunas actividades que dicen ser ecoturísticas no distan mucho de producir los efectos nocivos del turismo masivo (Brandon y Honey, en Díaz 2004).

La definición de TIES (Sociedad Internacional de Ecoturismo), no obstante, refleja una concepción optimista que delinea los objetivos principales que la práctica del ecoturismo debe alcanzar. Enunciada a principios de la década de 1990 y complementada por Honey (1999), la definición sostiene que el ecoturismo es turismo responsable en áreas naturales, el cual promueve la conservación del medio ambiente y el mejoramiento del bienestar de las poblaciones locales. Para tal fin, según TIES, el ecoturismo busca minimizar el impacto de la actividad turística, construir respeto y conciencia ambiental y cultural, proveer experiencias positivas tanto a visitantes como a residentes, ofrecer beneficios financieros para la conservación, garantizar beneficios financieros y empoderamiento a las poblaciones locales, crear sensibilidad frente al clima político, ambiental y social del área visitada y respetar y apoyar acuerdos internacionales laborales y de derechos humanos (TIES 2003).

En el ámbito latinoamericano, Costa Rica ha sobresalido de manera especial como centro ecoturístico por excelencia. Un amplio y variado sistema de áreas de conservación, unido a políticas concretas en esa dirección, han hecho a este pequeño país centroamericano protagonista en la esfera internacional. Como es de esperarse, hoy en día gran parte de la actividad ecoturística en Costa Rica se genera alrededor de su red

de parques nacionales y de su también importante sistema de reservas privadas. Sin embargo, en torno a esta circunstancia -y volviendo a la idea de una mayor vinculación de las poblaciones locales rurales-, surge una pregunta. ¿Están realmente dadas las condiciones en tales áreas (en términos de características biofísicas, condiciones organizacionales locales y apoyo institucional) para que el ecoturismo sea asimilado por las comunidades rurales y promueva un cambio consistente y sostenido en sus circunstancias de vida?

¿Están realmente dadas las condiciones en los parques nacionales y reservas privadas (en términos de características biofísicas, condiciones organizacionales locales y apoyo institucional) para que el ecoturismo sea asimilado por las comunidades rurales y promueva un cambio consistente y sostenido en sus circunstancias de vida?

Responder de manera general y para todo el territorio costarricense al anterior cuestionamiento es complejo y dispendioso, y este estudio no pretende alcanzar tal fin. Su objetivo es presentar de manera concreta los resultados de un estudio que evaluó una metodología que integra el análisis biofísico, social e institucional para determinar el potencial ecoturístico de un área y los factores que influyen en la capacidad local para explotarlos. El estudio se desarrolló en el recientemente creado Parque Nacional La Cangreja y contó con el apoyo académico de la Universidad de Wageningen (Holanda) y logís-

tico del departamento de Recursos Naturales y Paz de la Universidad para la Paz (UPAZ) en Costa Rica. A pesar de que se realizó únicamente en un área de conservación, sin lugar a dudas la metodología puede ser aplicada en cualquier otra área. La metodología, susceptible de ser extendida y contextualizada, sirve de orientación general para entender las condiciones que una región y una población tienen para promover el ecoturismo como fuente de desarrollo rural.

Metodología de investigación

Tres ejes de análisis condujeron el estudio (Díaz 2004). El primero, elaborado a partir de una adaptación de los sistemas de atracción ecoturística sugeridos separadamente por Cevallos-Lascuráin (1994) y Hummel (1999), fue la *identificación y valoración de los atributos biofísicos que el parque y su zona de amortiguamiento poseen para potenciar la actividad ecoturística*. El análisis se concentró en identificar y analizar recursos turísticos únicos, recursos turísticos de soporte y condiciones de infraestructura física disponibles en el parque y sus zonas de amortiguamiento.

El segundo eje consistió en la *valoración de organizaciones comunitarias*. Se buscó determinar el potencial que dichas agrupaciones poseen para la promoción del ecoturismo y el surgimiento de procesos de desarrollo comunitario derivados de esa práctica. Para tal fin, y a partir de nociones de participación y desarrollo comunitario (Pimbert y Pretty 1995), se hicieron observaciones en tres asentamientos humanos del área en cuanto a toma de decisiones, conflicto, consenso, participación y orientación empresarial. El objetivo fue estimar las capacidades de las organizaciones comunitarias para explotar u optimizar los recursos ecoturísticos biofísicos identificados en primera instancia. La selección de las tres comunidades (Mastatal, San Miguel, Zapatón) obedeció a su nivel de participación en el proceso

de establecimiento del parque, su cercanía al área de conservación y sus antecedentes en el proceso de protección de la región.

El tercer eje de análisis consistió en *determinar el potencial de apoyo que diferentes entidades están en capacidad de brindar a los habitantes y/o organizaciones comunitarias de la zona para facilitar un proceso de desarrollo promovido por el ecoturismo*. Dicho análisis se basó en diálogos con instituciones gubernamentales, no gubernamentales e internacionales relacionadas con la problemática ambiental, turística y comunitaria en el área de La Cangreja.

Parque Nacional La Cangreja y zona de amortiguamiento

El Parque Nacional La Cangreja se localiza al sur del cantón de Puriscal, entre los distritos de Chirres y Mercedes Sur, en un área altamente deforestada. La Cangreja es el último reducto de bosque virgen, de una extensión que antiguamente alcanzó hasta la Península de Osa. En el área se encuentran más de 2500 especies de plantas, dos de ellas endémicas del parque (Jiménez, CD).

El parque se ubica en una zona montañosa conocida como la Fila Costera, resultado de continuos movimientos tectónicos en el fondo del océano Pacífico (Morales 1993 citado por Jiménez (CD)). Como consecuencia del relieve y de la localización geográfica, el parque sirve como conexión entre diferentes climas y zonas de vida. lo que hace que allí se encuentren recursos naturales únicos. La Cangreja tiene un área total de 2400 ha y está compuesto principalmente por dos zonas de vida: bosque muy húmedo tropical con transición a pre-montano, entre 200 y 700 msnm y bosque pluvial montano, entre 700 msnm y la cima del cerro La Cangreja (1305 msnm). El clima en el área es lluvioso tropical, con aproximadamente siete meses lluviosos y cuatro secos (Parsons 1991). Los vientos del Pacífico forman núcleos

de condensación en la cima del cerro La Cangreja, lo que crea un microclima similar al del bosque nuboso. La temperatura promedio del parque es de 22°C (González 1988 citado por Jiménez (CD)).

El relativo aislamiento y el hecho de que el parque sea poco conocido agregan valor como destino ecoturístico. La Cangreja sobresale como un símbolo de perseverancia ambiental en un área degradada y empobrecida. Es un signo palpable de cambio y recuperación ambiental que invita a la admiración.

Por varios años, el área que abarca el parque funcionó como zona protectora. En el 2002, se designó como parque nacional luego de la laboriosa tarea de una organización ambiental del cantón y de la persistencia de personalidades sobresalientes de la región.

El estudio realizado se concentró exclusivamente en el extremo sur del parque, y cubrió la zona de amortiguamiento delimitada por los asentamientos humanos de San Miguel, Zapatón y Mastatal. En este último se ubica el centro de actividades del Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE). Económicamente, el área se caracteriza por el aislamiento, la práctica de agricultura de subsistencia y el trabajo a destajo diario o semanal. No existen actividades intensivas o extensivas de agricultura y predominan los pequeños propietarios de la tierra. En términos generales, suelos degradados, carencia de recursos, acceso limitado a créditos y restricciones de transpor-

te han obstaculizado el surgimiento y sostenimiento de una agricultura más organizada (Díaz 2004). Los productos cultivados en el área son frijol, arroz, caña de azúcar y maíz, todos en pequeña escala.

La densidad poblacional en la zona es de 18 habitantes/hectárea, una de las más bajas de Costa Rica. De los asentamientos estudiados, Zapatón es el de mayor tamaño; tradicionalmente ha sido el lugar de residencia de la comunidad Huetar por lo que ha sido declarado como reserva indígena. San Miguel y Mastatal son poblaciones pequeñas habitadas en su mayoría por colonos e inmigrantes de otras regiones de Costa Rica (Díaz 2004).

Identificación y valoración de los atributos biofísicos

Recursos turísticos únicos

En la zona de estudio se encuentran variados recursos de interés turístico. Por su biodiversidad botánica expresada en un relativo alto grado de endemismo (entre 5% y 8%, según Jiménez, CD), el parque ofrece atractivos especiales y potencial generador de visitas. El parque es rico en fuentes y saltos de agua relativamente accesibles y dispuestos en medio de majestuosas zonas de bosque (Díaz 2003). Su topografía y ubicación geográfica se destacan como parte de sus singularidades. Con alturas hasta de 1305 msnm en la cima del cerro La Cangreja, el parque permite disfrutar de un escenario montañoso desde donde es posible tener una panorámica de la costa Pacífica, ubicada a tan sólo 25 minutos en vehículo (Díaz 2004).

El relativo aislamiento y el hecho de que el parque sea poco conocido agregan valor como destino ecoturístico (Díaz 2004). La Cangreja sobresale como un símbolo de perseverancia ambiental en un área degradada y empobrecida. Es un signo palpable de cambio y recuperación ambiental que invita a la admiración.

Recursos turísticos de soporte

Los elementos de apoyo del área se hallan principalmente en la zona de amortiguamiento del parque. Se basan de manera importante en la riqueza hidrográfica y topográfica del área comprendida por las tres poblaciones estudiadas (Díaz 2003). Variadas lagunas y saltos de agua dispersas por toda la zona generan un marco adecuado para caminatas, cabalgatas o actividades en bicicleta de montaña.

La fauna, a pesar de no ser tan amplia como en otras zonas de conservación en Costa Rica, constituye de igual manera un recurso adicional. Entre las aves sobresalen: lapas rojas (*Scarlet macao*), loros coronablanca (*Pionus seniles*), colibríes piquilargo (*Heliomaster longirostris*), tapacaminos (*Nyctidromus albicollis*) y gavilanes blancos (*Leucopternis albicollis*), entre otras (Rancho Mastatal 2003). Los mamíferos no están bien representados debido a años de caza indiscriminada; no obstante, es posible encontrar monos carablanca (*Cebus capucinus*), perezosos de dos dedos (*Choloepus hoffmanni*), tepezcuiltles (*Agouti paca*) y pizotes (*Nasua nasua*) (Rancho Mastatal 2003).

Una característica valiosa de la zona de amortiguamiento del parque es la condición de reserva indígena del asentamiento de Zapatón. A pesar de que el modo de vida de dicho asentamiento no difiere del de comunidades vecinas, su existencia es un recurso potencialmente atractivo como complemento cultural a la práctica del ecoturismo.

Infraestructura física

Las condiciones de infraestructura en el parque y los asentamientos son precarias, en comparación con otras áreas de conservación en Costa Rica donde se promueve el ecoturismo. En términos generales, y exclusivamente desde la óptica comunal, la zona está poco preparada para recibir visitantes (Díaz 2004). A pesar de que la valoración de la infraestructura depende en gran medida del tipo de turista, el área de estudio tiene dificultades obvias

para promover servicios básicos de acomodación, alimentación y comunicación. Si bien los servicios de agua y electricidad son los de mayor cobertura, en toda la zona estudiada hay sólo dos teléfonos administrados y no existen instalaciones disponibles para acomodar visitantes. Tampoco hay servicios de salud a corta distancia, y el acceso está determinado por las difíciles condiciones de los caminos que en temporadas de lluvia se hacen casi intransitables inclusive para vehículos de doble tracción. Actualmente existe sólo una ruta de bus que ofrece servicio una vez al día, dependiendo del estado de la carretera.

El parque y parte de su zona de amortiguamiento cuentan con una serie de senderos recientemente diseñados y construidos por la Fundación Ecotrópica y el MINAE. Tales caminos discurren por zonas de bosque, saltos y pozas de agua. Antiguos senderos permiten el acceso a puntos más remotos del parque, como el cerro La Cangreja; sin embargo, al igual que los senderos comúnmente utilizados para el tránsito de bestias y habitantes locales, estos reciben poco o ningún mantenimiento.

A pesar de las limitaciones físicas del área, la Fundación Ecotrópica cuenta con instalaciones en un área adyacente al parque, donde además de dos estructuras de madera y palma apropiadas para establecer campamentos, dispone de una pequeña área de cocina, un baño y un sendero ecológico.

En Mastatal se encuentra una iniciativa privada de origen estadounidense que presta servicios ecoturísticos y de educación ambiental. El lugar ofrece vehículos 4x4 e infraestructura para acomodación y alimentación. Desde su inicio, su público meta han sido turistas y estudiantes norteamericanos con inquietudes ambientales. Esta iniciativa ha generado oportunidades de trabajo a los habitantes de la zona; sin embargo, no ha suscitado iniciativas similares o complementarias por parte de los pobladores de Mastatal o de áreas vecinas.

Valoración organizacional comunitaria

El potencial ecoturístico de un área no depende solamente de sus características biofísicas. Más importante aun es la capacidad de los pobladores locales de explotar sabia y sosteniblemente dichos recursos, y disponer de ellos para crear y ofrecer servicios ecoturísticos adecuados que satisfagan los requerimientos del mercado. En este estudio, la valoración organizacional comunitaria se hizo para cada uno de los tres asentamientos por separado; no obstante, los resultados se presentan de manera agregada y sintetizada.

Como en todo el territorio rural costarricense, las Asociaciones de Desarrollo Integral (ADI) son los entes rectores de desarrollo comunitario en los asentamientos estudiados. Las tres ADI se caracterizan por una débil capacidad de acción y planeación a corto plazo. Tales deficiencias, según las observaciones de campo, tienen que ver con la poca participación de los pobladores y con importantes disputas de poder al interior de las comunidades. Este tipo de conflictos, sin lugar a dudas, son restricciones mayores para la implementación del ecoturismo a partir de iniciativas comunitarias, pues provocan exclusión social y fracturas en la capacidad de diálogo dentro de las comunidades.

La Reserva Indígena de Zapatón representa un problema especial. Como consecuencia de condiciones expresas de la Ley No 5251 y sus reformas (ley de creación de la Comisión Nacional de Asuntos Indígenas) en cuanto a la participación en Asociaciones de Desarrollo Integral, propiedad de tierras y acceso a beneficios, se han generado divisiones marcadas entre los habitantes indígenas a quienes cobija la ley y aquellos de origen no indígena quienes se ven perjudicados por ella. Estas circunstancias adversas para el desarrollo rural y la promoción del ecoturismo de base comunitaria hacen que sólo aparezcan iniciativas externas y privadas.

Por otra parte, las organizaciones de los asentamientos estudiados mantienen un alto nivel de dependencia externa en cuanto a opciones de desarrollo y crecimiento económico, y denotan una conciencia de progreso sesgada por partidos políticos y favoritismos.

A pesar de las limitaciones mencionadas, también se encontraron síntomas de movilización individual y grupal importantes que, aunque lejos de impactar a toda la población para promover iniciativas ecoturísticas, son ejemplos de autogestión dignos de fomentar. Casos concretos son las Asociaciones de Mujeres y el Banco Comunal de Zapatón. De igual forma, el parque y sus beneficios son valorados positivamente, así como la posibilidad de nuevas fuentes de trabajo generadas a partir de él. El ecoturismo obviamente es visto como una alternativa. Sin embargo, tales apreciaciones las comparte un porcentaje muy bajo de la población, aquellos pocos que activamente participan en el ADI o en algunas de las otras agrupaciones comunitarias existentes en el área.

Valoración y análisis del apoyo institucional

El Parque Nacional La Cangreja y parte de su zona de amortiguamiento cuentan con atributos biofísicos adecuados para ofrecer productos ecoturísticos. La infraestructura física, no obstante, es deficiente, así como la capacidad de las organizaciones comunitarias estudiadas para establecer tales productos. En términos institucionales existen algunas herramientas para brindar apoyo a las comunidades en el establecimiento de opciones de desarrollo como el ecoturismo. Entre ellas están las líneas de financiación ofrecidas por entidades de cooperación internacional para proyectos de desarrollo, programas de entrenamiento turístico y material educativo. El alcance de estas alternativas, sin embargo, está sujeto a restricciones de disponibilidad y cantidad, además de

actores que dependen en gran medida de la capacidad pro-activa de la población.

El rol del MINAE es indudablemente decisivo. Desde que empezó su vinculación directa en la zona, esta institución ha promovido el ecoturismo como una opción para el uso sostenible de los recursos naturales y la biodiversidad del parque. Su interlocución entre las necesidades de las poblaciones locales y otros organismos gubernamentales es igualmente importante.

El rol del MINAE es indudablemente decisivo. Desde que empezó su vinculación directa en la zona, esta institución ha promovido el ecoturismo como una opción para el uso sostenible de los recursos naturales y la biodiversidad del parque. Su interlocución entre las necesidades de las poblaciones locales y otros organismos gubernamentales es igualmente importante. Su rol, aunque primordialmente dirigido a la conservación del parque, ha servido para orientar y educar a la población hacia una explotación adecuada del área, a través de talleres de concientización ambiental y exploración de alternativas sostenibles para el uso de los recursos naturales. No menos valioso es el aporte que puede brindar el INA (Instituto Nacional de Aprendizaje), así como el que efectivamente desempeña la Fundación Ecotrópica, que desde hace más de una década tiene presencia en la zona con programas de

conservación, educación ambiental y proyectos productivos.

El ecoturismo comunitario viene poco a poco perfilándose como una prioridad para varias entidades internacionales con presencia en Costa Rica. Tal es el caso del Programa de Pequeñas Donaciones de las Naciones Unidas y Fundecooperación, quienes ofrecen apoyo económico y técnico a iniciativas locales. Sin embargo, para acceder a tales ayudas se requiere que a nivel de base y comunidad se generen proyectos concretos surgidos de procesos de diálogo, autoevaluación y consenso comunitario.

Comosevio anteriormente, el área de estudio tiene deficiencias notables en organización comunitaria. DINADECO (Dirección Nacional de Desarrollo Comunitario), la entidad del gobierno que apoya el funcionamiento y crecimiento de las ADI, se encuentra en un proceso de reestructuración que limita enormemente su trabajo en el área. En la práctica, hoy en día ninguna entidad gubernamental, ni de otra índole brinda apoyo consistente para la construcción de capacidad comunitaria, consenso y participación en el área, aun cuando esta es una de las prioridades para el desarrollo rural en La Cangreja.

Conclusiones y discusión

El potencial ecoturístico de un área no depende exclusivamente de sus características biofísicas sino, además, de una serie de factores culturales, sociales y organizativos que se desprenden de la historia de la zona y de sus pobladores. En el caso de La Cangreja, por ejemplo, hay que rescatar su valor como reducto de biodiversidad en un área degradada, así como el valor que su creación puede significar para la recuperación de gran parte del cantón de Puriscal. Sin embargo, más allá del potencial biofísico son indiscutiblemente las características socio-culturales de un área las que potencian el ecoturismo como promotor de desarrollo rural.

En términos biofísicos, La Cangreja posee atributos turísticos únicos y complementarios de gran potencial para la práctica de ecoturismo. No obstante, dentro del marco nacional un producto ecoturístico en el área debe ser diseñado diferenciadamente, pues otros parques nacionales con una riqueza natural sobresaliente, como Manuel Antonio y Carara, se encuentran cerca, mejor equipados y con condiciones de acceso mucho menos problemáticas. La relativa cercanía del parque a San José y otras ciudades del valle central hacen de La Cangreja un punto atractivo para el turismo nacional, como destino para visitas cortas de un sólo día.


Las condiciones de infraestructura son limitaciones evidentes cuyo impacto podría minimizarse si se diseñan productos dirigidos a turistas con inquietudes ambientales. Un ecoturismo centrado en investigación, educación ambiental y dinámicas de trabajo de equipo podría ser una opción atractiva como punto inicial. El valor del parque como exponente de conciencia y recuperación ambiental en un área tradicionalmente deteriorada es de igual forma un punto relevante que debe ser rescatado en el diseño de productos ecoturísticos comunitarios en La Cangreja.

De cualquier manera, la organización comunitaria tiene capacidades limitadas para explotar la riqueza natural y el potencial ecoturístico de la zona; especialmente por antecedentes comunitarios de participación pasiva y disputas de poder. La capacidad institucional para apoyar el desarrollo rural a través del ecoturismo, aunque existente, no cubre las necesidades prioritarias de los asentamientos estudiados. En otras palabras, sí hay mecanismos estatales y no estatales para promover el ecoturismo de base comunitaria (líneas de apoyo financiero, programas de entrenamiento turístico, material educativo); sin embargo, no hay mecanismos que fortalezcan el

capital social de las comunidades y que les permitan transformarse en agrupaciones capaces de autogestionar su futuro. En este sentido, sería importante guiar a los pobladores de las comunidades hacia el diseño de proyectos productivos basados en la identificación de deficiencias y oportunidades. Este es un buen camino para concretizar acciones encaminadas al alcance de objetivos específicos y búsqueda de medio de financiación y apoyo técnico.

Es necesario que los pobladores locales recuperen su capacidad de diálogo y participación, de búsqueda de consenso y fortalecimiento de vínculos comunitarios. En poblaciones como las estudiadas, las entidades gubernamentales que promueven el desarrollo rural no deben depender sólo de los líderes para ejecutar planes y actividades. Ese mecanismo es infructuoso si las comunidades se hallan inmersas en conflictos, pues la representatividad comunitaria del líder no es la misma para todos los habitantes. Los conflictos son parte inherente de la dinámica social de las poblaciones; pero a pesar de su existencia, las iniciativas de desarrollo deben generarse y promoverse. No obstante, en un contexto como el de las comunidades estudiadas,

pensar en una iniciativa local dirigida por líderes comunitarios es ilusorio e imprudente. Se debiera pensar más bien en ofrecer apoyo institucional a pequeños empresarios con iniciativas locales individuales de servicios y productos turísticos específicos. Tales iniciativas, en un ambiente comunitario más propicio, deben promover una competencia sana que promueva un desarrollo mayor.

Este estudio pretendió ser una pauta para la revisión detenida del ecoturismo y el desarrollo rural comunitario en el Parque Nacional La Cangreja. Indudablemente, muchos otros elementos pueden ser introducidos en un análisis de este tipo. El estudio, por ejemplo, no analiza el impacto ambiental y económico que el ecoturismo puede generar, ni tampoco la disrupción cultural implícita. De igual forma, pudieran incluirse otros actores en el diálogo institucional promovido como parte de la investigación; de seguro su participación ampliará el debate y complementará los resultados. Este campo de investigación está abierto a novedosas aproximaciones que ayuden a entender el rol del ecoturismo como motor de desarrollo rural, así como los retos que las comunidades rurales deben enfrentar en la práctica. 

Literatura citada

- Ceballos-Lascuráin, H. 1994. Estrategia nacional de ecoturismo para México. México, DF, Secretaría de Turismo.
- Díaz, E. 2003. Sistematización del taller de planeación turística PN La Cangreja y zona de amortiguamiento - Cantón de Puriscal. Santiago de Puriscal, Costa Rica, MINAE.
- . 2004. Ecotourism as a means for Community-based Sustainable Development: La Cangreja National Park case study - Costa Rica. Wageningen University, Wageningen, Holanda. Environmental Policy Group Publications.
- Honey, M. 1999. Ecotourism and Sustainable Development: Who Owns Paradise? Washington DC, USA, Island Press.
- Hummel, J. 1999. Nepal and Sustainable Tourism Planning: Background Documents. La Haya, Holanda, SNV Netherlands Development Organisation.
- Jiménez, Q. (CD). La importancia biológica de La Cangreja. In Propuesta para el manejo de la zona protectora La Cangreja. Santiago de Puriscal, CR, Ecotrópica.
- Parsons, A. 1991. Diagnóstico de la situación medio-ambiental de la Zona Protectora La Cangreja. San José, Costa Rica, Instituto para el Desarrollo de América Central.
- Pimbert, MP; Pretty, JN. 1995. Parks, People and Professionals: Putting participation into protected area management. Geneva, Switzerland, Unrisd.
- Rancho Mastatal. 2003. Environmental Learning Center and Lodge. Consultado 01-2004. www.ranchomastatal.com.
- TIES. 2003. The Internacional Ecotourism Society. Consultado 12-2003. www.ecotourism.org.

Tras cuatro años de cooperación...

Alianza entre instituciones públicas y privadas genera innovaciones de desarrollo sostenible en el Canal de Panamá

Periodista Ruth Piedra Marín

Nuevamente la cooperación entre instituciones públicas y privadas es sinónimo de resultados efectivos. Desde 1999, la zona del Canal de Panamá ha sido escenario para el desarrollo de un modelo de cooperación que ha beneficiado tanto a la comunidad académica como a la empresa privada. Este proyecto innovador se desarrolló entre 1999 y 2004, y planteó como objetivo principal la cooperación entre el sector privado y académico. El proyecto fue ejecutado por la empresa ECOFOREST (Panamá) S.A., y tuvo como propósito monitorear el impacto social y ambiental de sus plantaciones comerciales de *Tectona grandis* (teca) ubicadas en la zona del Canal de Panamá. La empresa no tenía experiencia en este campo pero, para cuantificar y mejorar la sostenibilidad de sus operaciones, resultaba esencial generar conocimientos.

Por la altísima diversidad biológica del área del Canal de Panamá, las actividades que allí se ejecuten requieren de un manejo forestal sostenible. En este contexto, la cooperación entre ejecutivos de alto nivel, científicos y estudiantes de niveles superiores universitarios resultaba de gran beneficio para todos.

El plan inició su marcha como una iniciativa del Dr. Rafael Morice, Presidente de la empresa ECOS S.A., quien invitó a científicos de

instituciones reconocidas internacionalmente a definir los temas de investigación, metodología de trabajo y el financiamiento correspondiente. Varios institutos de investigación mostraron entusiasmo; algunos científicos buscaban una forma de integrar su quehacer con el sector privado y lograr que los trabajos de investigación fueran más relevantes para la toma de decisiones empresariales, especialmente el impacto de las actividades forestales comerciales en el ecosistema de la cuenca y comunidades aledañas. Esta era una buena oportunidad.

Entre las instituciones académicas y de investigación que mostraron interés por participar de la experiencia están el Instituto Smithsonian de Investigación Tropical (STRI), el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), el Servicio Forestal de los Estados Unidos (USFS) y la Ciudad del Saber.

Se estableció, entonces, un Comité Científico integrado por el Dr. Rafael Morice, Presidente de ECOS S.A., Ricardo Delvalle, Gerente General de ECOFOREST (Panamá) S.A., el Dr. Ted Gullison, Consultor de la empresa ECOS S.A. y coordinador del Comité, el Dr. Mario Piedra de CATIE, el Dr. Richard Condit de STRI, el Dr. John Parrota de USFS y el Dr. Rodrigo Tarté, Director Académico de la Ciudad del Saber.

Se creó, además, un modelo de cooperación entre el Grupo ECOS S.A. y la Fundación AVINA, con el fin de aumentar los fondos que se asignarían al Comité Científico. Aunque esta alianza implicaba un incremento importante en las aportaciones del Grupo ECOS, un comité mayor con más proyectos daría una mejor oportunidad de “probar” el modelo de colaboración. La Fundación AVINA –que otorga financiamiento a líderes de desarrollo sostenible en Latinoamérica– estuvo de acuerdo con la idea y aceptó invertir fondos equiparables a los que ECOS S.A. invirtiera en el proyecto piloto durante el periodo de cuatro años. Así, la Fundación AVINA facilitó un total de US\$122.800 por cuatro años; estos fondos representan aproximadamente el 50 % del costo total de un programa de investigación avalado por un panel de expertos, incluyendo a los altos ejecutivos de ECOFOREST (Panamá).

Al finalizar el proyecto piloto en diciembre del 2004, un total de veintinueve jóvenes, estudiantes de bachillerato, maestría y doctorado del CATIE, PRORENA y la Universidad de Panamá habían desarrollado investigaciones relacionadas con: el aporte de la reforestación a la economía y desarrollo de las comunidades de la cuenca del Canal de Panamá, análisis de crecimiento de procedencias y rentabi-

Recuadro 1

| Año-Estudiante investigador | Institución | Tema de investigación |
|-----------------------------|-----------------|---|
| 2000 | | |
| Guadalupe De Gracia | CATIE | Evaluación inicial del aporte de la reforestación a la economía y desarrollo de las comunidades de la cuenca del Canal de Panamá. |
| Ixchel Palencia | CATIE | Problemas socioeconómicos y ambientales a la paja canalera en la Cuenca del Canal de Panamá. |
| Chris Losi | Yale University | Crecimiento de biomasa en teca. |
| Marrk Wishnie | Prorena | Prueba de selección de especies nativas del trópico. |
| 2001 | | |
| José Juan Calderón | CATIE | Evaluación económica y bosquetes remanentes en plantaciones de teca en la cuenca del Canal de Panamá. |
| José Luís Herrera | CATIE | Análisis de crecimiento de procedencias y rentabilidad financiera de teca en la zona oeste del Canal de Panamá. |
| Hilda Lezcano | CATIE | Influencia de la fragmentación en la estructura y composición del bosque natural, zona del Canal de Panamá. |
| Judith Perla | CATIE | Potencial de las plantaciones de teca para la conservación de la diversidad de la avifauna, Canal de Panamá. |
| Mark Wishnie | PRORENA | Prueba de selección de especies nativas del trópico. |
| 2002 | | |
| Camargo, Peñalba | U. de Panamá | Evaluación económica de impacto ambiental de un proyecto de reforestación en el Distrito de la Chorrera. |
| Emanuel Corpas | U. de Panamá | Revisión del procedimiento interno de manejo de desechos. |
| Cristian Fernández | U. de Panamá | Sistema de monitoreo de contaminación de fuentes de agua. |
| Renato Flores | U. de Panamá | Metodología para el establecimiento de parcelas permanentes de monitoreo de crecimiento. |
| Pedro Méndez | STRI | Proyecto de diversidad de mamíferos en cuatro tipos de hábitat dentro de la cuenca del Canal, Chorrera-Las Pavas, Panamá. |
| Elsi Suira | CATIE | El sistema de incentivo forestal y sus implicaciones económicas, ambientales y sociales. |
| 2003 | | |
| Maximina Ortega | U. de Panamá | Efecto de un tratamiento pre-germinativo sobre 3 especies nativas. |
| Tanya Hawley | U. of Miami | Anturan Baseline Biodiversity Study at the Ecoforest Site in the Zone of Panama. |
| Manuel Mollinedo | Catie | Relación fertilidad-crecimiento, en plantaciones de teca, hasta 4 años de edad, Cuenca del Canal de Panamá. |
| Alexis Quiroz | CATIE | Evaluación de biomasa y carbono total en plantaciones de teca en la cuenca del Canal de Panamá. |
| Mirna Santana | STRI | Biodiversidad de plantas en el sotobosque de plantaciones de teca manejadas por Ecoforest Panamá, S. A. |
| Beatriz Salas | TEC | Programa de sanidad forestal, Fincas Ecoforest-Panamá. |
| Víodelda Rodríguez | CATIE | Situación laboral de la mujer en el sector forestal, Cuenca del Canal de Panamá. |
| 2004 | | |
| Mark Wishnie | PRORENA | Prueba de selección de especies nativas del trópico. |

lidad financiera de teca en la zona del Canal, revisión del procedimiento interno de manejo de desechos, monitoreo de contaminación de fuentes de agua, entre otros temas. Estas investigaciones incluyen políticas de monitoreo a largo plazo; es decir, que serán realizados en el futuro. (Recuadro 1)

Como ejemplo de estas investigaciones se señalan los estudios de Hilda Luz Lezcano del CATIE autora del estudio “*Influencia de*

la fragmentación en la estructura y composición del bosque natural en la zona del Canal de Panamá”. Hilda realizó un estudio para determinar los efectos de la fragmentación y efectos de borde dentro de las áreas que fueron devueltas a Panamá en 1999 y determinar la condición de la vegetación nativa en el futuro. El estudio se realizó en la región conocida como Las Pavas, ubicada dentro de la cuenca del Canal de Panamá en una zona considerada

como zona de amortiguamiento de la Isla Barro Colorado y la cuenca del lago Gatún.

Judith Perla Alvarado, estudiante de maestría del CATIE, estudió el “*Potencial de las plantaciones de teca para la conservación de la diversidad de la avifauna en el Canal de Panamá*”. El estudio cuantifica el potencial de las plantaciones jóvenes de teca para la conservación de la diversidad de aves en la subcuenca del lago Gatún.

La mayoría de los proyectos de investigación constituyen estudios de línea base que ayudan a la compañía a entender sus impactos sociales, económicos y ambientales ahora o en el futuro. No obstante, para continuar con este modelo a partir del 2005, ECOFOREST necesitará fondos complementarios de empresas o grupos empresariales de la región para mantener las actividades del comité en los niveles alcanzados. Por sí misma, ECOFOREST solo puede financiar las actividades del Comité en una escala menor. Al inicio de la cooperación contaban con \$30 mil anuales, ahora el disponible es de \$10 mil, lo que representaría una disminución sustancial en la escala de las actividades.

ECOFOREST y su Comité Científico buscan fondos y socios adicionales para continuar con las investigaciones en el campo forestal, ya que este modelo representa una inversión costo-eficiente para las empresas socias, pues los recursos se utilizan esencialmente para la investigación. Los honorarios de los científicos y la infraestructura son cubiertos por las instituciones patrocinadoras. El financiamiento de investigaciones a través del Comité puede resultar, al final, en un retorno costo-efectivo de los recursos invertidos, lo cual constituye una ventaja para los donantes.

Hasta el momento solo se conoce un proyecto similar a este. Se trata del Proyecto de Reforestación con Especies Nativas (PRORENA) auspiciado por la Universidad de Yale y el Smithsonian Institute. Este Proyecto cuenta con un comité científico similar, y se creó a partir de la experiencia desarrollada entre ECOFOREST (Panamá) S.A., la Fundación AVINA, el CATIE, el USFS y el (STRI) (Recuadro 2)

El Comité Científico está promoviendo contactos con instituciones interesadas en desarrollar proyectos de investigación científica bajo este modelo en el campo forestal. Ricardo Delvalle, Gerente General de ECOFOREST, señala que como resultado de este modelo de cooperación se ha logrado:

Recuadro 2

Las opiniones

Durante los cuatro años de cooperación se realizó una encuesta a estudiantes y miembros del Comité Asesor para medir los resultados obtenidos hasta ese momento. Al finalizar los cuatros años del plan piloto, estas fueron algunas de las opiniones generales obtenidas.

Los estudiantes

En criterio de las y los estudiantes beneficiados con la Cooperación:

- Se obtiene experiencia profesional y mucho conocimiento y práctica.
- A partir de estas investigaciones queda establecida una plataforma para que más estudiantes puedan optar por el apoyo de alianzas como esta y contar con los recursos técnicos y materiales necesarios para desarrollar investigaciones de alto nivel.
- Los proyectos de la Cooperación han proporcionado una oportunidad ideal para llevar a cabo estudios científicos relevantes, que les ayudarán a obtener empleo en el futuro.

El Comité

En criterio de los miembros del Comité Asesor, la experiencia adquirida con los estudios ha sido de gran beneficio para mejorar la sostenibilidad de las operaciones de ECOFOREST (Panamá) S. A.:

- Consideran que su participación les da una oportunidad inigualable de aprender sobre los desafíos prácticos que enfrenta la forestería sostenible y, en algunos casos, les ha ayudado a reorientar sus propias investigaciones.
- Los representantes de las compañías consideran que la comisión científica les abre puertas a los científicos de reputación internacional y les proporciona a los estudiantes la oportunidad de hacer investigaciones no muy onerosas que de otra forma no podrían costear.
- Para las instituciones cooperantes implica un aporte desde su proyección social y profesional en temas que cada día se vuelven prioritarios para el mundo en su globalidad.
- Los proyectos de los estudiantes son de alta calidad, se ha creó un importante grupo de trabajo.

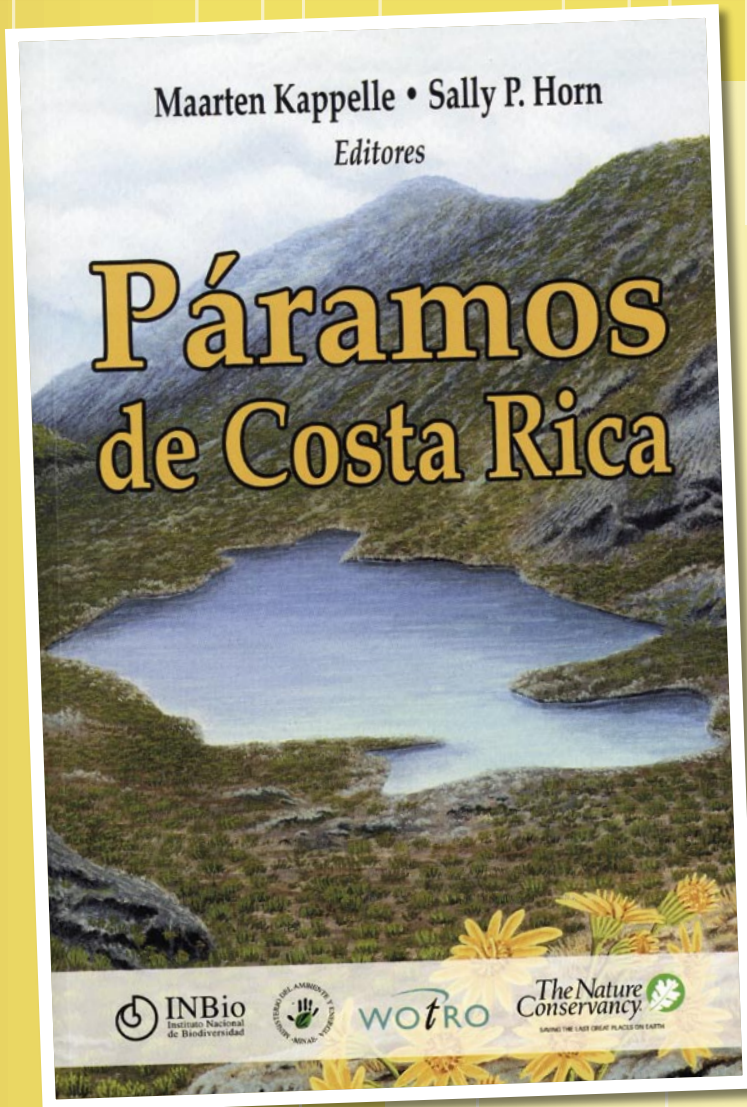
- La certificación FSC para sus plantaciones de teca.
- La definición de las líneas base de la compañía, con el apoyo del Comité Científico, y la consolidación del prestigio de ECOFOREST (PANAMA) en esferas gubernamentales, académicas y de inversionistas.
- Una relación con los pobladores vecinos de las plantaciones, las comunidades aledañas y el Instituto Smithsonian.
- La creación del puesto de 'coordinador de ciencia y monitoreo' dentro de la empresa para dar seguimiento a todas las actividades del Comité. El sistema de trabajo podría orientarse hacia otras líneas de trabajo, ampliando la selección de estudiantes (estudiantes de pasantía de pre-grado, doctorados y post doctorados) e investigadores de otras instituciones.

El principal éxito de esta alianza es que combina la investigación científica desarrollada en centros de enseñanza con el sector privado. Los resultados pueden utilizarse para proponer proyectos similares en la región centroamericana, que

fomenten la protección de bosques tropicales y el manejo de recursos naturales dentro del concepto de plantaciones forestales para uso comercial.

Todavía quedan algunos puntos que afinar en el proceso. Aunque de forma esporádica, persiste el conflicto entre el interés académico por publicar los resultados de las investigaciones *versus* la necesidad de mantener algunos de esos datos privados por fines comerciales y la necesidad de una supervisión continua y cercana entre el Comité Científico, el estudiante y su supervisor, para encauzar los proyectos dentro del enfoque establecido con anterioridad. Asimismo, el tiempo requerido por el estudiante para hacer una investigación es largo, y el tiempo en que las empresas necesitan los resultados es inmediato; por lo tanto, algunos temas no son adecuados para una tesis de maestría o doctorado. Sin embargo, es precisamente en un programa de cooperación donde se identifican debilidades y fortalezas que permiten, a la larga, comprender la dinámica social y mejorar. 🌱

Publicaciones



Este libro cuenta con la participación de 37 autores, provenientes de Costa Rica, Holanda, Alemania y Estados Unidos de América, con una extensión de 768 páginas, en formato de 150 por 228 milímetros, impreso en papel bond y al final incluye un cuadernillo a todo color con 60 fotografías y 5 mapas.

En *Páramos de Costa Rica* se tratan todas las facetas de los páramos de Costa Rica. Es el primer libro de esta índole desde la obra de Hans Weber, que data del año 1958. La primera sección del libro contiene una definición del concepto 'páramo' y una introducción al ecosistema 'páramo'. Además, describe la historia de las exploraciones científicas en los páramos costarricenses durante el siglo XX. La segunda parte presenta los diferentes aspectos físicos del ambiente del páramo. Se discute detalladamente, el clima, la geología, la geomorfología, los depósitos glaciares, los suelos y los lagos, en ese orden. La tercera parte evalúa los diferentes aspectos paleo-ecológicos y biogeográficos del páramo en Costa Rica. Los capítulos de esta parte se enfocan en los glaciares cuaternarios, la historia del clima, de la vegetación y de los niveles de agua en algunas turberas, los sedimentos lacustres, las diatomeas fosilizadas y la fitogeografía de las plantas vasculares. La cuarta parte trata la gran riqueza de hongos, líquenes, briófitas, helechos y plantas vasculares, mientras que la quinta parte presenta la temática de la biodiversidad faunística, con énfasis en nemátodos, tardígrados, insectos, moluscos, anfibios, reptiles, aves y mamíferos. La biodiversidad a nivel ecosistémico ha sido tratada en la sexta parte de esta obra. Aquí se discuten los ecosistemas como bosques, matorrales y herbazales, las comunidades vegetales terrestres y acuáticas, y las asociaciones de insectos. La séptima y última parte del libro cubre los aspectos de conservación y desarrollo –sostenible y no sostenible– evaluando el impacto humano sobre el páramo, tanto en Costa Rica como en el Neotrópico en general, y se presentan propuestas de alternativas para un uso más apropiado. La obra termina con un mapa de distribución de los páramos en Costa Rica y Panamá, y con una sección de fotografías a todo color. Esperamos que el conocimiento presentado en esta obra contribuya a la conservación de los páramos más occidentales del Neotrópico, los de Costa Rica, que –aunque abarcan no más de 15.000 hectáreas– cuentan con una extraordinaria biodiversidad y generan, con sus innumerables nacientes de agua, la electricidad hídrica de que, en la actualidad, más de la mitad de la población humana de Costa Rica depende.

La obra está dedicada a la memoria de **Adelaida Chaverri Polini** (1947-2003), coautora de tres capítulos de este libro, investigadora pionera de los páramos costarricenses y quien con su gran visión propuso la creación del Parque Nacional Chirripó, el área silvestre protegida con la mayor extensión de páramo en Costa Rica.

El libro tiene un precio de introducción de tan solo diez mil colones (US\$25,00). Ya está disponible en las principales librerías de Costa Rica y en internet por medio de la librería virtual: www.inbio.ac.cr/editorial



www.iica.int/bibliotecaorton

www.catie.ac.cr/bibliotecaorton

Biblioteca Virtual Agropecuaria IICA-CATIE

La Biblioteca Conmemorativa Orton (IICA-CATIE) le invita a conocer y utilizar sus servicios y productos a través de su página web, la cual contiene nuevas secciones y contenidos especializados, con un diseño gráfico muy agradable.

Algunos de los servicios que se pueden acceder son:

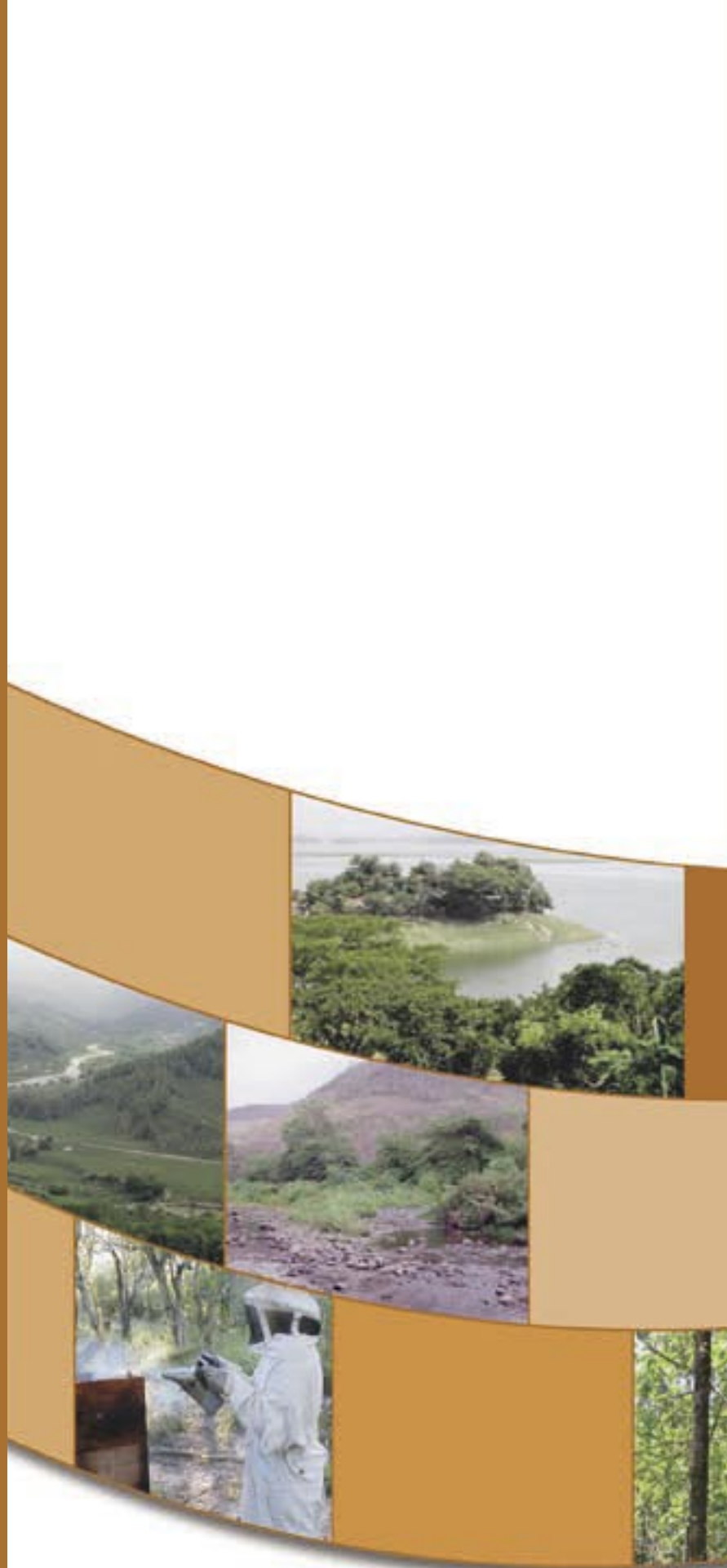
- Consulta en bases de datos locales, regionales e internacionales
- Escritorio Virtual de Referencia, donde podrán realizar sus solicitudes de servicios, plantear consultas personalizadas y revisar el estado del trámite de su solicitud
- Elaboración de paquetes de información especializados
- Acceso a revistas electrónicas en-línea
- Librería Virtual, donde se pueden adquirir, fácil y rápidamente, libros y otros recursos producidos por el CATIE, IICA, INBIO, ITCR, entre otras instituciones
- Tablas de contenido de revistas especializadas
- Repositorio institucional, donde podrán encontrar a texto completo publicaciones del IICA y del CATIE, así como las tesis de grado presentadas al CATIE a partir de 1997

Le invitamos a que explore esta importante herramienta y la divulgue entre otros usuarios del sector agropecuario. La dirección del sitio es:

<http://www.iica.int/bibliotecaorton> ó
<http://www.catie.ac.cr/bibliotecaorton>.



El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) es un centro regional dedicado a la investigación y la enseñanza de posgrado en agricultura, manejo, conservación y uso sostenible de los recursos naturales. Sus miembros regulares son: el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Belice, Bolivia, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, República Dominicana y Venezuela. El presupuesto básico del CATIE se nutre de generosas aportaciones anuales de estos miembros.



CATIE Centro Agronómico Tropical
de Investigación y Enseñanza

Sede Central 7170 CATIE, Turrialba, Costa Rica
Tel. (506) 558-2000 • Fax: (506) 558-2060

www.catie.ac.cr