

Herramientas para la planificación del manejo de bosques a escala de paisaje en el sudeste de Nicaragua

El manejo forestal sostenible, que implica el uso y la conservación de los recursos del bosque, debe planificarse a escala de paisaje y en forma integral, considerando los diferentes elementos del paisaje como sistemas relacionados y no como elementos aislados; además, debe incluir los procesos ecológicos y socioeconómicos que se desarrollan en la zona. Para lograrlo, es necesario realizar una zonificación que permita determinar las áreas críticas para el manejo, la protección y la recuperación de los ecosistemas forestales.

Marcelo Perdomo
Glenn Galloway
Bastiaan Louman
Bryan Finegan
Sergio Velázquez

RESUMEN

La creciente necesidad de conservar la biodiversidad, el impacto de la población sobre los bosques y la deforestación en las regiones tropicales han incrementado la complejidad de la planificación del manejo forestal en los últimos años. Los bosques en El Castillo, en el sudeste de Nicaragua, sufren un proceso de fragmentación. Si bien estos bosques pertenecen a la zona de amortiguamiento de la Gran Reserva Indio-Maíz y forman parte del Corredor Biológico Mesoamericano, las unidades de manejo forestal se presentan como entidades aisladas que no se enmarcan dentro de los objetivos de un nivel de planificación superior. Bajo esta situación, este trabajo pretende contribuir a la determinación de algunos aspectos relevantes para la adopción de decisiones del manejo forestal a escala de paisaje. Para elaborarlo, se estableció una clasificación de tipos de bosque, se aplicaron conceptos de la ecología del paisaje como marco para la planificación del manejo y la conservación y se utilizaron Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la manipulación y el análisis de la información. Se estableció una zonificación que incluía áreas para manejo, recuperación y protección de los bosques y se determinaron áreas prioritarias para intervención.

La información generada permitirá pautar la planificación del manejo sostenible en el marco de las estrategias regionales y municipales y aportará nuevos elementos para analizar la viabilidad de los planes de manejo de la zona, favoreciendo el uso adecuado y la conservación del bosque.

Palabras clave: Manejo forestal; fragmentación; paisaje; planificación; Nicaragua.

SUMMARY

Tools for Forest Management Planning on a Landscape Scale in the Nicaraguan Southeast. The growing need to conserve biodiversity, along with the impact population has on forests and deforestation in tropical regions, have increased the complexity of forest management planning in recent years. Forests in El Castillo, in the Nicaraguan southeast, undergo a fragmentation process. Although the forests belong to the Buffer Zone of the Great Indio-Maíz Reserve, as well as to the Mesoamerican Biological Corridor, forest management units are isolated entities, not set within the objectives of a superior management level. This paper attempts to contribute to determining some of the relevant aspects for forest management decision-making on a landscape scale. In order to do so, a forest type classification was established, landscape ecology concepts were applied as a framework for management and conservation planning, and Geographic Information Systems (GIS) were used to handle and analyze data. Zoning was established, including forest management, recovery and protection, and priority areas for intervention. The information thus generated allows setting guidelines for sustainable management planning within the framework regional and municipal strategies, and contributes new elements to analyze the viability of the area's management plans, favoring adequate use and conservation of the forest.

Key words: Forest management; fragmentation; landscape; planning; Nicaragua.

La complejidad del manejo forestal en las regiones tropicales ha aumentado debido a la necesidad de conservar la biodiversidad, el impacto negativo ocasionado por la población sobre los bosques y la deforestación. Esta situación se agrava por la fragmentación de los bosques remanentes, que presentan características diferentes a los bosques continuos y requieren otro tipo de manejo. Los países de la Región, presionados por la comunidad mundial, las ONG y los compradores de madera, han comenzado a implementar mecanismos de certificación para mejorar las prácticas forestales. Además, en los últimos años, se han introducido y manejado conceptos como la fragmentación forestal, la conectividad, el tamaño de las áreas boscosas y la protección de las especies en situación de riesgo (Pierce y Ervin 1999).

En el municipio de El Castillo, localizado al sudeste de Nicaragua, importantes áreas de bosque están siendo degradadas o fragmentadas o están desapareciendo. Si bien estos bosques se encuentran en la zona de amortiguamiento de la Gran Reserva Indio-Maíz e integran el Corredor Biológico Mesoamericano, las unidades de manejo forestal son entidades aisladas, que no están enmarcadas dentro de un nivel de planificación superior.

El manejo forestal sostenible (MFS), que implica el uso y conservación de los recursos del bosque, debe planificarse a escala de paisaje y en forma integral, considerando los diferentes elementos del paisaje como sistemas relacionados y no como elementos aislados (Saunders *et al.* 1991, Farina 1999, Pierce y Ervin 1999); asimismo debe incluir los procesos ecológicos y socioeconómicos que se desarrollan en la zona. Además, como lo plantea Noss (1983), la planificación del uso de los recursos naturales y las estrategias de manejo y conservación a largo plazo deben considerar los patrones del paisaje por sobre los aspectos locales, pues muchos factores y procesos a nivel de paisaje influyen en los niveles inferiores.

Entre los problemas más sobresalientes en el área de estudio están (Larson y Barahona 1999, Siles y Ramos 1999): el cambio de uso de la tierra, la deforestación, el uso no sostenible de los recursos forestales, y los altos niveles de pobreza de la población. El desafío para los planificadores y decisores es detener la deforestación y estimular el manejo sostenible en los bosques productivos, para frenar los procesos de degradación y aumentar su valor ambiental, social y económico. Es prioritario armonizar los diferentes intereses y demandas sobre los recursos forestales, con las limitaciones y restricciones ecológicas de las diferentes áreas y tipos de bosque. Otro desafío consiste en generar mecanismos que permitan integrar el bosque a la economía local y favorecer la diversificación de las actividades productivas de las comunidades. Con este fin, es necesario generar y aplicar criterios objetivos que permitan definir prioridades y tomar decisiones para el manejo y la conservación de los bosques.

Aplicando conceptos de ecología de ecosistemas y de paisaje, este trabajo pretende contribuir a determinar algunos aspectos relevantes para la adopción de decisiones del manejo forestal a escala de paisaje y así apoyar la aplicación de las estrategias regionales y municipales de un manejo forestal sostenible.

Metodología

Descripción del área de estudio

El municipio de El Castillo pertenece al departamento de Río San Juan y está ubicado entre los 11°02' de latitud norte y los 85°28' de longitud oeste. La cabecera municipal es Boca de Sábalos. Tiene un área total de 1.660 km², de los cuales 970 corresponden a la zona de amortiguamiento de la Gran Reserva Indio-Maíz (Figura 1). La precipitación promedio en la zona oscila entre 2.800 y 4.000 mm y la temperatura media es de 25°C (Siles y Ramos 1999). La zona de amortiguamiento de la Reserva cuenta con una importante red hidrográfica: 457 km de ríos y cuatro sub-cuencas. Los terrenos son planos o ligeramente ondulados (Larson y Barahona 1999).

De acuerdo con las normas técnicas y las disposiciones administrativas para el manejo de los recursos naturales, el aprovechamiento de los bosques se realiza mediante la presentación de Planes Generales de Manejo (PGM) y Planes Operativos Anuales (POA), los que son aprobados por el Instituto Nacional Forestal (INAFOR). Las empresas forestales más importantes en cuanto a superficie y volúmenes de aprovechamiento son "Plynic" y "SOSMadera". Además, hay solicitudes de aprovechamiento de áreas pequeñas, realizadas por particulares.

Muestreo

Se realizó un muestreo para caracterizar los bosques de la región según su composición específica. Se utilizó la información disponible sobre suelos (tanto descriptiva como cartográfica) para relacionar la composición de los bosques con las características del suelo. Para determinar el marco muestral se utilizó un mapa de vegetación del municipio realizado en 1997 a partir de imágenes de satélite. El área boscosa se clasificó en tres estratos, según el tipo de suelo: suelos poco profundos, suelos profundos bien drenados y suelos profundos mal drenados.

Para manejar esta información, determinar las áreas con cobertura de bosques, realizar la estratificación y elaborar los mapas de campo, se empleó el programa de Sistemas de Información Geográfica (SIG) Arcview 3.1. Con ese mismo programa, se distribuyeron al azar 45 parcelas de 50 x 50 m dentro de los estratos definidos. Se asignaron 16 parcelas a los estratos 1 y 3 y 13 al estrato 2; las coordenadas de las parcelas se grabaron en un Sistema de Posicionamiento Global.

Las variables registradas fueron especie y dap, en los árboles ≥ 30 cm dap y las palmas ≥ 10 cm dap. Con ayuda de un reconocedor local, se registró el nombre común de la especie; luego se asignaron los nombres científicos. Además, se registró la pendiente, exposición y drenaje de cada parcela, así como datos complementarios sobre regeneración, intervención, incendios, nombre del propietario.

Métodos de análisis

Determinación y caracterización de los tipos de bosque

Se realizaron análisis multivariados para determinar las diferencias entre tipos de bosque según la composición específica. Con los valores del Índice de valor de importancia (IVI) se elaboró una tabla o matriz primaria de las especies para cada una de las parcelas, a partir de la cual se resumieron y ordenaron los datos en un “diagrama de ordenación” que agrupa las parcelas de composición similar utilizando un análisis de ordenación mediante la técnica de correspondencia (DECORANA). Como resultado, se obtuvo un arreglo de parcelas y especies en un espacio de dos dimensiones, en el cual las parcelas y especies similares están próximas y las diferentes, distantes (Gauch 1982, Jongman *et al.* 1995). Por último, se definieron los grupos de parcelas para determinar los tipos de bosque.

Luego se realizó un análisis de conglomerados, transformando la matriz primaria de datos en una matriz de distancias; con esto se generó un dendrograma que agrupa las parcelas de acuerdo con su similitud en composición específica, según la estrategia de variancia mínima (Greig-Smith 1983). Para ambos análisis se utilizó el programa MVSP Plus Ver. 2.1. (Kovach 1994) y solo se incluyeron las 78 especies presentes en dos o más parcelas.

Los grupos (“tipos de bosque”) determinados en los análisis multivariados fueron caracterizados y comparados según los siguientes parámetros: densidad (ind/ha) y área basal (m²/ha) para palmas y árboles independientemente, así como la distribución del número de árboles y del área basal por clase diamétrica.

Análisis del paisaje

Mapeo de los tipos de bosque encontrados. Una vez clasificados según su composición específica, los bosques fueron mapeados con base en el mapa de vegetación¹, para determinar el área con cobertura boscosa. Se utilizó el mapa de tipos de suelos² y, a partir de la relación entre “tipos de bosque”

y características de los suelos, se ubicaron y delimitaron los diferentes tipos de bosque en el mapa. Se utilizó el SIG para combinar estas coberturas y obtener el mapa de “tipos de bosque según composición”.

Descripción del paisaje y caracterización de los fragmentos de bosque. Para describir la estructura del paisaje y la fragmentación de los bosques se utilizaron diferentes índices y medidas. Para cada tipo de bosque se calculó el área total, el tamaño y el número de parches, el número y área de parches por categoría de tamaño, la forma [largo del perímetro/(2π*√(Área del parche)/√π), Forman 1995], el efecto de borde y el área interior. Para caracterizar los niveles de fragmentación y la continuidad de los tipos de bosque se utilizó el índice de continuidad, que considera la relación entre el área y el perímetro de bosque total. Para los cálculos, se emplearon las tablas correspondientes al mapa de “tipos de bosque según composición”.

Los parches se clasificaron por categorías de tamaño: menores a 3 ha, entre 3 y 300 ha y mayores de 300 ha, de acuerdo con su importancia para la conservación (Laurence *et al.* 1997). A las áreas grandes (> 300 ha) se les atribuye un alto valor para la conservación, a las medianas (entre 3 y 300 ha), un valor medio y a las pequeñas, (< 3 ha) un valor bajo. Si bien

se reconoce que estos límites son subjetivos y dependen del tipo de ecosistema considerado, se utilizaron para complementar la caracterización de la estructura del paisaje y como punto de partida para evaluar su relevancia para la conservación.

Para calcular el área de hábitat interior y de borde (por parche y por tipo de bosque), se consideró un borde de 100 m en los parches, donde las condiciones biofísicas y biológicas de los ecosistemas difieren con respecto a las áreas interiores (Laurence *et al.* 1997).

Determinación de unidades ambientales y socioeconómicas

Las “unidades ambientales” determinan las restricciones para el manejo forestal, mientras que las “unidades socioeconómicas” determinan las prioridades para la intervención del manejo, la recuperación o la protección del bosque. La prioridad está dada por la presión sobre el bosque.

Se hizo una revisión, análisis y selección de la información geográfica existente, con el fin de determinar unidades relevantes para definir restricciones y prioridades con respecto al manejo y la conservación de los bosques.

Zonificación para el manejo, la protección y la recuperación de bosques

Se elaboró una zonificación de áreas críticas, con el fin de generar criterios objetivos para promover el manejo, la

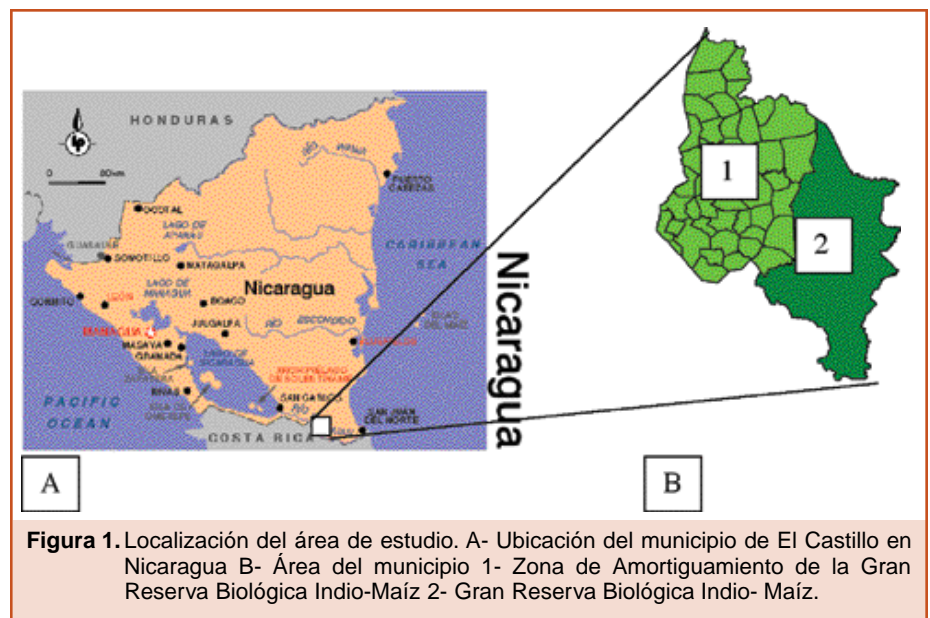


Figura 1. Localización del área de estudio. A- Ubicación del municipio de El Castillo en Nicaragua B- Área del municipio 1- Zona de Amortiguamiento de la Gran Reserva Biológica Indio-Maíz 2- Gran Reserva Biológica Indio-Maíz.

1 Mapa de vegetación del 2000 realizado por la Unidad de SIG del Proyecto Manejo Sostenible (PMS) a partir del análisis de imágenes de satélite.
2 Información basada en un estudio de suelos del municipio de El Castillo, disponible en mapas digitales en la Unidad de SIG del PMS.

conservación y la recuperación de los ecosistemas forestales.

- Se consideran áreas de manejo forestal aquellas áreas de bosques con características apropiadas para el aprovechamiento económico de los recursos forestales. Estos bosques no se presentan en “ambientes frágiles” y sus atributos en el paisaje no son limitantes.
- Las áreas de protección son bosques en “ambientes frágiles” o que presentan atributos para el paisaje que limitan las intervenciones. En ellas es conveniente no intervenir ó realizar actividades de aprovechamiento de impacto reducido con extracción no-mecanizada y bajo condiciones de manejo estrictamente controladas.
- Las áreas de recuperación son aquellas en las cuales, por la condición ambiental o la configuración del paisaje, se recomienda recuperar la cobertura forestal.

Para definir las restricciones ambientales (“ambientes frágiles”) para el manejo y las restricciones debidas a los atributos del paisaje se utilizó un conjunto de elementos desarrollados en los principios, criterios e indicadores de manejo forestal sostenible y en las normas técnicas para el aprovechamiento forestal en Nicaragua (INAFOR 1999), a los que se incorporaron las recomendaciones de la literatura para el manejo y la conservación a escala de paisaje.

Las áreas de manejo fueron definidas como bosques primarios o secundarios en parches de más de 3 ha y a menos de 100 m de distancia entre sí, que se encuentren a más de 200 m de los ríos y en pendientes menores del 30%. Las áreas de protección, como bosques secundarios localizados en áreas circundantes³ a los parches de bosque definidos como áreas de manejo, más todos los bosques primarios o secundarios a menos de 200 m de los ríos o en pendientes superiores al 30%. Y las áreas de recuperación, como áreas sin cobertura forestal localizadas en sitios cercanos a los parches de bosque grandes y que se consideraran especiales para recuperación, más las áreas a menos de 200 m de los ríos o en pendientes superiores al 30%.

que actualmente no presentan bosques primarios o secundarios.

Determinación de áreas prioritarias

La determinación de prioridades para el manejo y la conservación de los bosques se definió en función de la presión de las actividades humanas sobre las áreas de bosques y las zonas próximas. Los criterios considerados fueron: a) priorizar la zona económica 1 (Siles y Ramos 1999), porque limita con la Gran Reserva Indio-Maíz y presenta la mayor cobertura de bosque; b) las áreas que han tenido POAS durante los últimos cinco años y en las que hay patios de madera. Si bien los aprovechamientos forestales no causan deforestación, es frecuente que las áreas que han sido aprovechadas resulten más vulnerables al cambio de uso y a la degradación de los suelos; c) las áreas de carreteras y ríos importantes también representan factores de presión, pues facilitan el acceso a las diferentes áreas de bosque. Se estableció una distancia de 500 m como zona de influencia de los ríos y caminos.

De acuerdo con los criterios planteados, se definieron dos niveles de prioridad. **Prioridad 1:** áreas de la zona económica 1 donde se desarrollan actividades de aprovechamiento forestal y que se encuentran a menos de 500 m de ríos o caminos. **Prioridad 2:** áreas de la zona económica 1 donde se desarrollan actividades de aprovechamiento o bien áreas de influencia de caminos. Es decir, áreas con actividad forestal pero lejos de caminos o zonas de caminos con escasa actividad forestal.

Resultados y discusión

Caracterización general del bosque

En las 45 parcelas instaladas (11,25 ha) se encontraron y midieron un total de 1.366 individuos, de los cuales 918 (67%) son árboles ≥ 30 cm dap y 448 (33%) son palmas ≥ 10 cm dap. El total de individuos evaluados corresponde a 115 especies, identificadas con el nombre científico con un razonable grado de certeza; de ellas, 108 son árboles y siete, palmas. Unas 78 especies se encontraron en dos o más parcelas y se utilizaron para el análisis de la composición.

Mediante el análisis de correspondencia, las parcelas y las especies se representaron sobre dos ejes de coordenadas que reflejan los cambios en las variables “profundidad de los suelos” y “drenaje”, dentro de un gradiente de cambio composicional continuo. Se diferenciaron tres grupos de parcelas y especies asociadas. Se agruparon siete parcelas correspondientes al estrato dos del muestreo (suelos poco profundos), nueve parcelas correspondientes al estrato tres (suelos profundos mal drenados) y siete del estrato uno (suelos profundos bien drenados) (Cuadro 1). Un número importante de parcelas (n=22) no pudo asignarse a ninguno de los grupos definidos, por lo que no aportó información para la caracterización de los tipos de bosque.

El análisis de conglomerados confirmó la agrupación de parcelas resultante del análisis de correspondencia y permitió identificar otro grupo de parcelas como un tipo de bosque diferente. Con base en este análisis, se definieron cuatro tipos de bosque: bosque de *Pentaclethra*, bosque de *Brosimum-Anacardium*, bosque de *Astrocaryum* y bosque de *Dipteryx* (Cuadro 1). Los nombres se asignaron en función del peso ecológico (IVI) de las especies que los componen o que contribuyen más a la diferenciación de los tipos de bosque.

Varias razones permiten justificar la existencia de parcelas de composición intermedia: la existencia de un gran número de factores que provocan variación o heterogeneidad en los bosques tropicales, como la variación en pequeña escala de los factores ambientales y topográficos (micro-relieve), la dinámica de las poblaciones vegetales, los patrones de dispersión y regeneración (mosaicos sucesionales), factores ligados a la historia biogeográfica de la región y a patrones de la fertilidad del suelo, etc.

Comparación de los tipos de bosque

Los tipos de bosque presentan diferencias pequeñas (no significativas, según pruebas de Tukey) en la densidad de árboles > 30 cm. La densidad de palmas > 10 cm solo presentó dife-

³ Son áreas que se determinaron con el objeto de definir unidades más grandes y conectadas de bosque; contienen los parches de bosques de más de 3 ha y a menos de 100 m de distancia e incluyen otro tipo de cobertura vegetal. Para definir las se hizo una digitalización en pantalla con ArcView 3.1.

rencias significativas (prueba de Tukey) en el bosque de *Astrocaryum* debido a la presencia de *Astrocaryum alatum*. El área basal ($m^2 ha^{-1}$), presentó diferencias, pero en ninguno de los casos fue significativa (Cuadro 1).

Los bosques de *Pentaclethra* y *Brosimum-Anacardium* presentaron una curva de J invertida, característica de los bosques primarios, mientras que los otros tipos se apartaron en mayor o menor medida. El bosque de *Astrocaryum* casi no presentó individuos en las clases mayores, mientras que el bosque de *Dipteryx* presentó un número importante debido, fundamentalmente, a la presencia de individuos de la especie *Dipteryx panamensis* (Figura 2).

Aunque la distribución del G por clase diamétrica mostró una diferencia importante entre los tipos de bosque, esta diferencia no fue estadísticamente significativa (prueba de contingencia X^2). Mientras los bosques de *Pentaclethra* y *Brosimum Anacardium* presentaron una distribución de G más o menos uniforme, el bosque de *Astrocaryum* concentró mayores G en las clases diamétricas menores y el de *Dipteryx* en las clases mayores (Figura 3).

Estas diferencias implican diferentes consideraciones desde el punto de vista del manejo forestal. Por ejemplo, el bosque de *Dipteryx* tiene buena parte del área basal concentrada en árboles sobremaduros, los que no aportan volumen aprovechable y compiten con individuos más pequeños que sí tienen potencial. Por lo tanto, las consideraciones para el manejo

deben ser diferentes a las de los bosques de *Pentaclethra*, donde la distribución de G es más uniforme.

De las diez especies con mayor porcentaje de IVI, *Dialium guianense* es la única que se encuentra presente en todos los tipos de bosque; otras son únicas en cada tipo de bosque:

- *Pentaclethra macroloba*, *Dussia macrophyllata*, *Croton smithianus* y *Virola* sp. en el bosque de *Pentaclethra*,
- *Anacardium excelsum*, *Terminalia* sp., *Guarea* sp., *Protium* sp., *Hura crepitans*, *Casearia sylvestris* y *Pouteria* sp., en el bosque de *Brosimum Anacardium*,
- *Astrocaryum alatum*, *Vochysia ferruginea* y *Lacmellea panamensis* en el bosque de *Astrocaryum*
- *Simarouba amara*, *Cespedesia macrophylla* e *Inga* sp. en el bosque de *Dipteryx*.

Todos los tipos de bosque tienen especies comerciales y potencialmente comerciales.

Análisis del paisaje

En el municipio de El Castillo, los bosques secundarios constituyen el 48,5%

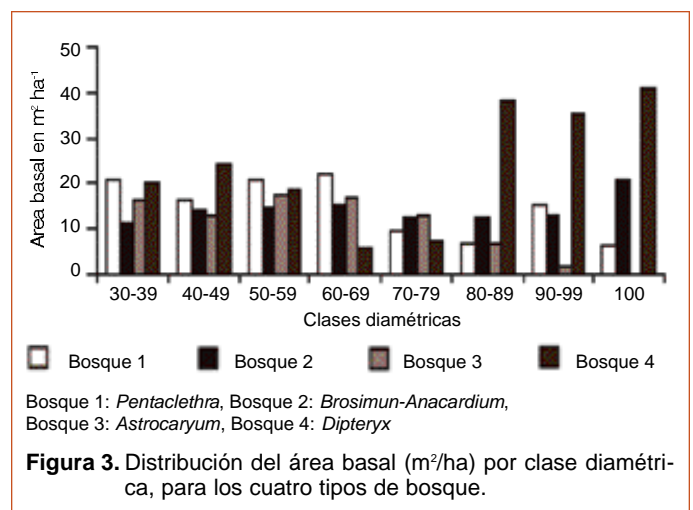
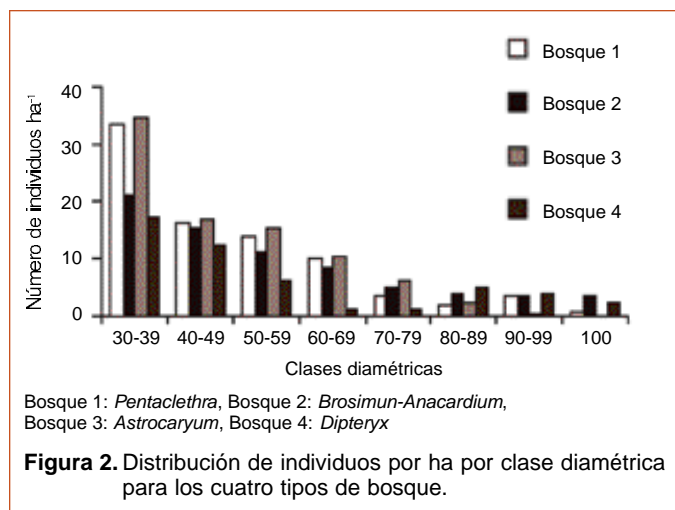
de la superficie de la zona de amortiguamiento de la Gran Reserva Indio-Maíz; son vegetaciones leñosas que se han desarrollado naturalmente sobre tierras abandonadas por la agricultura y se encuentran en diferentes fases de desarrollo. En este estudio, esta categoría también incluye los bosques primarios degradados o ralos; por lo tanto, es una categoría amplia, que incluye vegetación sucesional juvenil, bosque secundario maduro y bosques primarios degradados.

Los bosques primarios le siguen en importancia, con un 28,8% de cobertura. Los pastizales representan el 14,8% del área total, las zonas agrícolas el 4%, y la superficie de palma africana el 2,5%.

El paisaje es fragmentado debido a los patrones de uso de la tierra durante los últimos años. Si bien el bosque primario aún ocupa un área vital, está disminuyendo de acuerdo con los patrones de uso y las tasas de degradación. El tipo de bosque dominante en términos de superficie es el *Pentaclethra*, que constituye el 22,6% del área total y el 79,7% del área de bosque. Los bosques menos represen-

Cuadro 1. Tipos de bosque, suelo, densidad y área basal. Municipio de El Castillo, Río San Juan, Nicaragua (desviación estándar entre paréntesis).

Nombre asignado	Tipos de bosque			
	Bosque 1 <i>Pentaclethra</i>	Bosque 2 <i>Brosimum Anacardium</i>	Bosque 3 <i>Astrocaryum</i>	Bosque 4 <i>Dipteryx</i>
Tipo de suelo	Profundos bien drenados	Poco profundos	Profundos mal drenados	Profundos drenaje intermedio
Densidad árboles (ind/ha)	83 (6,02)	73,71(5,09)	86 (11,11)	53,33 (22,74)
Densidad palmas (ind/ha)	0,67 (1,63)	0,57(1,51)	176 (135,21)	0
Área basal (G) árboles ($m^2 ha^{-1}$)	17,67(4,25)	20,54(4,39)	16,94 (3,85)	15,16 (6,97)
Área basal (G) palmas ($m^2 ha^{-1}$)	0,01(0,02)	0,01(0,02)	2,96 (2,41)	0



tados son el de *Dipteryx* (1,1% del área total) y el de *Astrocaryum* (1,4%), que representan un 3,8% y un 4,8% de la superficie boscosa. El bosque de *Brosimum-Anacardium* representa el 3,3% del área total y el 11,7% de los bosques (Cuadro 2).

La "calidad" de un parche está estrechamente relacionada con su tamaño. En los parches grandes, la producción juvenil equilibra o supera la mortalidad de los individuos de una especie; la reducción del tamaño por fragmentación puede tener efectos importantes sobre la supervivencia de una población (Farina 1999), aunque las características de dispersión y demografía de las especies serán las que determinen su respuesta a la fragmentación. La persistencia de algunas especies en áreas remanentes depende del área de hábitat adecuado que puede mantenerse para permitirle sostener un número suficiente de individuos (Saunders *et al.* 1991) y la conexión genética entre ellos.

Los parches de tamaño mediano (entre 3 y 300 ha) son los más abundantes, pero la mayor superficie la aportan los parches grandes (> 300 ha), en tanto que los pequeños (<3 ha),

aunque abundantes (26% del total), no aportan un área significativa (menos del 1% de la superficie total de bosque) (Figura 4).

La forma de los parches es crucial sólo en áreas relativamente pequeñas. En el área de estudio, las formas de los parches no presentaron diferencias significativas entre los diferentes tipos de bosque. Los valores promedios y medianos calculados son bajos para todos los tipos de bosque. En general, la forma de los fragmentos presentó una relación con el tamaño de los mismos y el índice de forma aumentó con el tamaño de los fragmentos, lo que se debe, sobretodo, a un aumento en irregularidad de los perímetros con el aumento de tamaño.

Todas las áreas de bosque están afectadas por el efecto de borde, lo que reduce considerablemente el área de hábitat interior (Cuadro 3); de las 27.473,7 ha de bosque, unas 5.631,5 (20,5%) corresponden al área de borde.

Para ponderar este aspecto se tuvo en cuenta que cuando los bosques primarios limitan con bosques secundarios, el efecto de borde se reduce al mínimo o desaparece; sólo se incluyó

el cálculo cuando las áreas de bosques primarios limitaban con otro tipo de vegetación.

La fragmentación es uno de los procesos con efectos más severos sobre la pérdida de biodiversidad (Farina 1999). Cuando no hay conexión genética y demográfica entre los fragmentos, estas "subpoblaciones" se comportan como poblaciones aisladas. Por el contrario, cuando los paisajes tienen buena conectividad, se puede asegurar una mayor supervivencia de poblaciones. En este trabajo se utilizó el índice de continuidad de Vogelmann (1995) para ponderar la continuidad de los bosques; este índice dio valores relativamente altos para todos los tipos de bosque (entre 4,64 y 5,40), lo que indica una continuidad aceptable, a pesar del aumento en la fragmentación.

Determinación de las zonas críticas para el manejo, la protección y la recuperación

El manejo de ecosistemas fragmentados tiene dos componentes: el manejo de la dinámica interna de las áreas remanentes y el manejo de las influencias externas en el sistema natural. Para áreas remanentes grandes se debe poner el énfasis en la dinámica interna, incluyendo -por ejemplo- el régimen de disturbio y la dinámica poblacional de organismos claves. Para remanentes pequeños, el manejo debería dirigirse, básicamente, al control de influencias externas (Saunders *et al.* 1991).

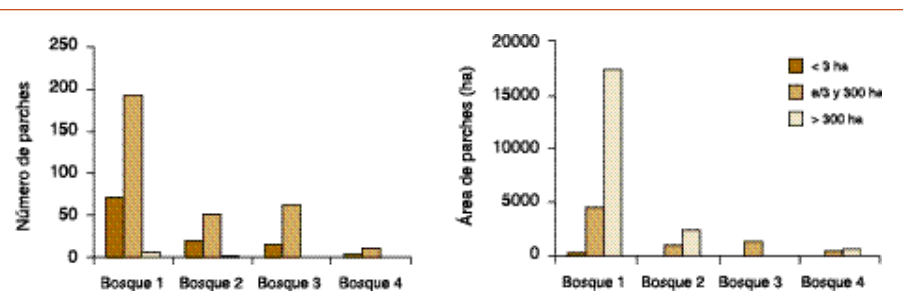
Muchos impactos en áreas remanentes se originan en el paisaje circundante; por lo tanto, se debe considerar el manejo de paisajes integrados. Es difícil mantener remanentes de vegetación nativa si las prácticas de manejo en la matriz circundante siguen teniendo un impacto negativo sobre ella.

Las áreas se clasificaron según su importancia para el manejo, la protección o la recuperación del bosque. Para disminuir la fragmentación y mejorar la conectividad del paisaje, se definieron áreas con parches agrupados de bosques para manejo forestal y un área circundante destinada a recuperación o protección. Se buscó conectar los parches de bosque mediante la

Cuadro 2. Datos e índices descriptivos del paisaje para los cuatro tipos de bosque*.

Estadísticas	Bosque 1	Bosque 2	Bosque 3	Bosque 4
Área (ha)	21912,3	3200,8	1328,1	1032,5
% del área total	22,6	3,3	1,4	1,1
% del área de bosque	79,8	11,7	4,8	3,8
Número de parches	270	76	77	18
Tamaño promedio de parche (ha)	81,2	42,1	17,2	57,4
Desviación estándar	621,9	153,7	28,1	156,3
Tamaño mediano de parche (ha)	6,4	5,9	9,3	5,7
Tamaño máximo de parche (ha)	8667,7	881,7	207,5	663,5
Tamaño mínimo de parche (ha)	1,0	1,0	1,0	2,2

*Bosque 1: *Pentaclethra*, Bosque 2: *Brosimum-Anacardium*, Bosque 3: *Astrocaryum*, Bosque 4: *Dipteryx*



Bosque 1: *Pentaclethra*, Bosque 2: *Brosimum-Anacardium*, Bosque 3: *Astrocaryum*, Bosque 4: *Dipteryx*

Figura 4. Número y área de parches, por tipo de bosque y clase de tamaño.

4 Índice de continuidad = $\ln(\sum A_i / \sum P_i)$ donde A_i es el área de parche "i" y P_i el perímetro de parche "i".

protección de los bosques secundarios y la recuperación de las áreas que tienen otro tipo de vegetación.

Los ecosistemas de poca representatividad relativa, los corredores entre fragmentos boscosos, los bordes de los fragmentos boscosos y los cursos de agua son vitales para definir las áreas de protección y recuperación del bosque. En la zona del estudio, las áreas próximas a los ríos definen estrechos corredores que están muy distribuidos y son importantes para la conectividad. Se considera que la sucesión vegetal es la restauración más barata que hay, por lo tanto, se deberían tener en cuenta las áreas cubiertas por bosques secundarios e incluirlas en los programas de protección y recuperación.

En la zonificación realizada, la superficie más extensa correspondió a manejo forestal; representó aproximadamente el 34% del área de estudio e incluyó bosques primarios y secundarios. Por otro lado, poco más del 24% de la superficie se destinó a protección y cerca de un 21%, a recuperación. El área clasificada totalizó unas 7.695,9 ha, que representan el 79,3% del área de estudio.

Entre las áreas destinadas a manejo forestal, los bosques de *Pentaclethra* dominaron en superficie (49,2%), aunque el área de bosques secundarios también fue importante (38,3%). Los bosques de *Brosimum-Anacardium* (7,1%), *Dipteryx* (2,8%) y *Astrocaryum* (2,6%) representaron una proporción significativamente más baja. Las especies necesarias para el aprovechamiento en los bosques de *Pentaclethra* son: *Tetragastris panamensis*, *Pterocarpus rohrii* y *Virola* sp., más las que se comercializan en Costa Rica: *Pentaclethra macroloba*, *Dialium guianense* y *Dipteryx panamensis*; entre todas representan más del 55% del IVI (11,7% del G).

Con respecto a las áreas de protección, los aspectos de paisaje implican un 57% de la superficie boscosa a proteger, la distancia a los ríos un 42,5% y las pendientes fuertes (>30%), solo representan el 0,5%. Los aspectos del paisaje también son relevantes en cuanto a la superficie destinada a recuperación, con casi un 65,5% de la misma, en tanto que la

distancia a los ríos determina un 32% de las restricciones y las pendientes fuertes, sólo un 2,4%.

Otro aspecto que se tuvo en cuenta para determinar las restricciones de manejo fue la superficie de los distintos tipos de bosque y su representatividad en el paisaje. Los bosques menos representados fueron: *Astrocaryum*, *Dipteryx* y *Brosimum-Anacardium*. Se consideró que los bosques de *Astrocaryum* y *Dipteryx* eran los más comprometidos, porque ocupan menos superficie y se les asigna muy poca área de protección utilizando los tres criterios de conectividad, distancia a ríos y pendiente. Por lo tanto, es importante asignar estos bosques a protección o a una categoría especial de manejo, a fin de garantizar su conservación.

Determinación de áreas prioritarias

Las áreas de **Prioridad 1** totalizaron una superficie de 2.200 ha; un 50,3% de este total corresponde a áreas para manejo forestal, un 27,7% a áreas pa-

ra protección y un 22% a recuperación. Las de **Prioridad 2** suman 9.700 ha, con un 41,9% para manejo, un 34,4% para protección y un 23,6% para recuperación. Estas áreas están bajo fuerte presión y, por lo tanto, deberían manejarse en forma prioritaria (Figura 5).

En cuanto a los tipos de bosque con aptitud para el manejo, sobresale el bosque de *Pentaclethra*; para protección hay áreas importantes tanto de *Pentaclethra* como de bosques secundarios.

Las áreas prioritarias se encuentran entre Las Quesadas y El Diamante (zona conocida como La Pimienta), entre El Padilla y El Diamante y entre Boca de Escalera y Romerito.

Cabe destacar que las áreas definidas como prioritarias no incluyen bosques de *Astrocaryum* y tienen pocos bosques de *Dipteryx*. Ambos bosques tienen baja representatividad y se consideran importantes para la conservación de la biodiversidad en la zona.

Cuadro 3. Borde y hábitat interior, por tipo de bosque.

Estadísticas	Bosque 1	Bosque 2	Bosque 3	Bosque 4	Total
No. parches con hábitat interior	260	78	71	18	427
Área de hábitat interior	17.749,0	2.272,6	943,0	877,6	21.842,2
Área de borde	4.163,3	928,2	385,1	154,9	5.631,5
Área total	21.912,3	3.200,8	1.328,1	1.032,5	27.473,7

Bosque 1: *Pentaclethra*, Bosque 2: *Brosimum-Anacardium*, Bosque 3: *Astrocaryum*, Bosque 4: *Dipteryx*

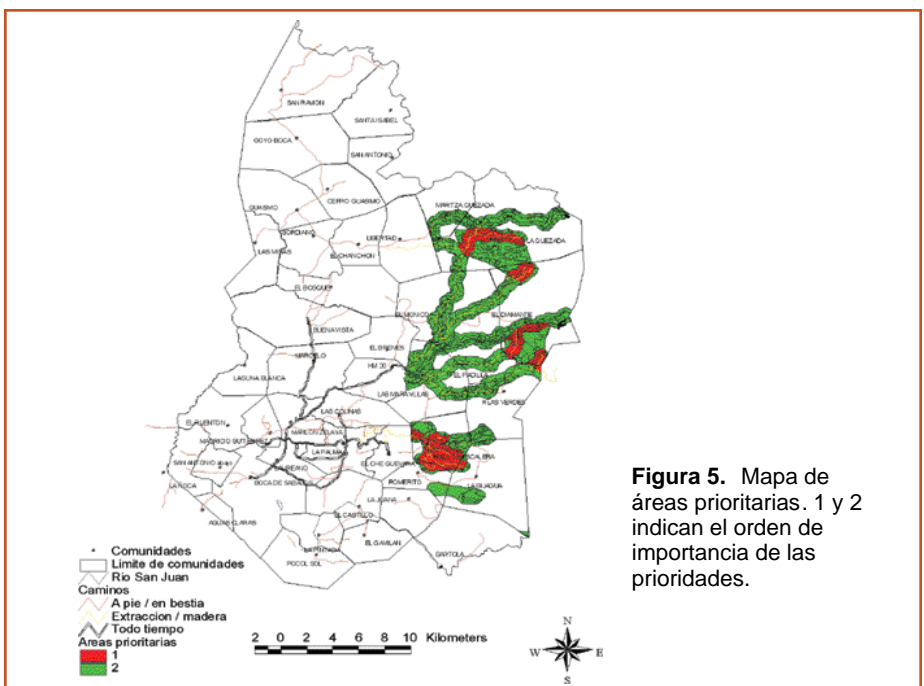


Figura 5. Mapa de áreas prioritarias. 1 y 2 indican el orden de importancia de las prioridades.

Conclusiones y recomendaciones

- Los criterios de pendiente, drenaje, profundidad de suelos y composición florística permitieron identificar y describir cuatro tipos de bosque. Cada uno presenta diferentes condiciones para el manejo forestal en virtud de su composición específica, su estructura y las condiciones ambientales en las que se presenta. Por ejemplo, los bosques de *Astrocaryum* tienen la mayor parte de los árboles concentrados en las clases diamétricas inferiores, mientras que los bosques de *Dipteryx* presentan una concentración de área basal en individuos sobremaduros. El bosque de *Astrocaryum* se establece en suelos mal drenados, lo que constituye una limitante en cuanto a las posibilidades y características del manejo y aprovechamiento.
- La identificación de los tipos de bosque definidos no es aplicable a pequeña escala, porque hay muchas variables, como el micrositio, la dinámica de poblaciones y los aprovechamientos que pueden determinar variaciones importantes. Es posible encontrar sectores de bosque con variación en la importancia de las especies dentro de un área con determinada asociación tipo de bosque - suelo.
- En el área de estudio hay una gran cantidad de parches muy pequeños, que aportan muy poca superficie de bosque, pero pueden resultar significativos desde el punto de vista ecológico. De hecho, no sólo se considera vital mantenerlos, sino que sería interesante incrementar el nú-

mero de árboles en las áreas consideradas "fuera del bosque".

- A pesar del estado de fragmentación en que se encuentran los bosques, hay una continuidad aceptable. Pero si los procesos de fragmentación continúan, podrían llegar a comprometer la supervivencia de las poblaciones arbóreas y de otras especies vegetales y animales. Estos aspectos se consideran relevantes a la hora de escoger criterios para definir áreas con importancia para el manejo, la protección o la recuperación al nivel de paisaje.
- Los tipos de bosque clasificados, la zonificación y la determinación de áreas prioritarias definidas a nivel de paisaje constituyen una nueva información relevante, que puede comenzar a aplicarse en los procesos de planificación y utilizarse como base para la definición de las estrategias de manejo en el municipio de El Castillo.
- La planificación a nivel de paisaje debería complementar la planificación a nivel local (planes de manejo y planes operativos), pues el nivel de paisaje incorpora elementos importantes para el manejo y la conservación de los bosques que escapan a la planificación local (por ejemplo aspectos de conectividad y prioridad) y permite definir objetivos y formular estrategias a gran escala, que luego pueden incorporarse a la planificación local. Los planes de manejo forestal podrían ajustarse a las directrices generadas a un nivel de planificación superior para contribuir a los objetivos estratégi-

cos de la municipalidad o región, además de cumplir con sus objetivos productivos particulares. Por lo tanto, la planificación a nivel de paisaje permite evaluar la viabilidad ecológica de planes de manejo y actividades productivas en el área.

- Como el área de estudio ocupa una porción significativa del Corredor Biológico Mesoamericano, las herramientas aquí propuestas para priorizar actividades de manejo y conservación de sus bosques tienen relevancia regional. Por otra parte, los resultados presentados son insusos importantes para un eventual desarrollo de un esquema de pagos por compensación de bienes y servicios ambientales y así podrían contribuir a generar ingresos para las comunidades. 🌳

Marcelo Perdomo

Máster en Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad

Correo electrónico:

mperdomo@ceres.agro.unlp.edu.ar

Glenn Galloway, CATIE

Correo electrónico: galloway@catie.ac.cr

Bastiann Louman, CATIE

Correo electrónico: blouman@catie.ac.cr

Bryan Finegan, CATIE

Correo electrónico: bfinegan@catie.ac.cr

Sergio Velázquez, CATIE

Correo electrónico: svelasqu@catie.ac.cr

Literatura citada

- Farina, A. 1999. Principles and methods in landscape ecology. London, Chapman & Hall.
- Forman, R.T. 1995. Land mosaics. The ecology of landscapes and regions. Cambridge, UK. Cambridge Academic Press.
- Gauch, H. 1982. Multivariate analysis in community ecology. Cambridge, Cambridge University Press. 298 p.
- Greig-Smith, M.A. 1983. Quantitative plant ecology. 3 ed. London, Butterworths Scientific Pub. 198 p.
- INAFOR (Instituto Nacional Forestal). 1999. Normas técnicas y disposiciones administrativas para el aprovechamiento forestal. Managua, Nicaragua (Tercer Borrador).
- Jongman, R.; Ter Braak, C.; Tongeren, O. 1995. Data analysis in community and landscape ecology. Cambridge, Cambridge University Press. 299 p.
- Kovach, W.L. 1994. Multivariate Statistic Package. Ver 2.1. Pentraeth, Wales, Kovach Computing Services.
- Larson, A.; Barahona, T. 1999. El papel de los gobiernos municipales en la gestión de los Recursos Naturales. El Castillo: La colonización y las empresas madereras en una zona de amortiguamiento. Nitlapán-UCA; CIFOR, PROTIERRA-Inifom. 93 p.
- Laurence, W.F.; Bierregaard Jr, R.O.; Gascon, C.; Kidham, R.K.; Smith, A.P.; Lynam, A.J.; Viana, V.M.; Lovejoy, T.E.; Sieving, K.E.; Sites Jr, J.W.; Anderson, M.; Tocher, M.D.; Kramer, E.A.; Rastrepo, C.; Moritz, C. 1997. Tropical forest fragmentation: synthesis of a diverse and dynamic discipline. In Laurence, W.F.; Bierregaard Jr, R.O eds. Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities. London, The University of Chicago Press. 616 p.
- Noss, R. 1983. A regional landscape approach to conserving biodiversity. Bioscience 33:700-706.
- Pierce, A.; Ervin, J. 1999. La certificación independiente de la ordenación forestal y la ecología del paisaje. Unasylva 50 (196).
- Saunders, D.A.; Hobbs, R.J.; Margules, C.H.R. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation. Conservation Biology 5(1):18-32.
- Siles, G.; Ramos, M. 1999. Estudio socioeconómico básico de productores individuales con tierra en la zona rural del municipio El Castillo. Municipio El Castillo. Proyecto de Manejo Sostenible en la zona de amortiguamiento. 111 p.
- Vogelman, J.E. 1995. Assessment of forest fragmentation in southern New England using remote sensing and Geographical Information System Technology. Conservation Biology 9:439-449.