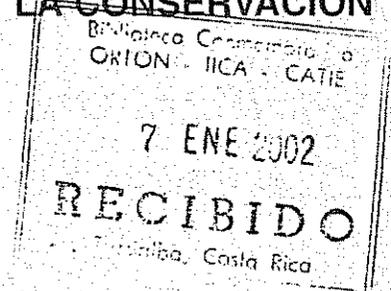


CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACIÓN
ESCUELA DE POSGRADUADOS



**HERRAMIENTAS PARA LA PLANIFICACIÓN DEL MANEJO DE LOS
BOSQUES A ESCALA DE PAISAJE EN EL MUNICIPIO EL CASTILLO
DEL SUDESTE DE NICARAGUA**

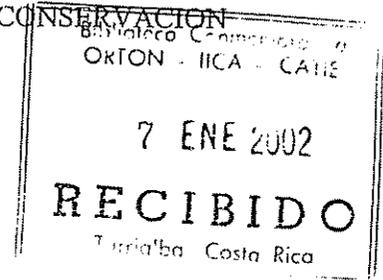
POR

MARCELO HÉCTOR PERDOMO

CATIE

Turrialba, Costa Rica
2001

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
PROGRAMA DE EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACIÓN
ESCUELA DE POSGRADO



**HERRAMIENTAS PARA LA PLANIFICACIÓN DEL MANEJO DE LOS BOSQUES A ESCALA
DE PAISAJE EN EL MUNICIPIO EL CASTILLO DEL SUDESTE DE NICARAGUA**

Tesis sometida a la consideración de la Escuela de Posgrado, Programa de
Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación
y Enseñanza como requisito parcial para optar por el grado de:

Magister Scientiae

Por

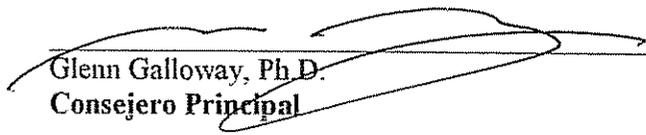
Marcelo Héctor Perdomo

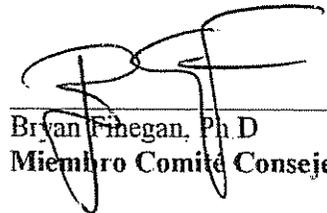
Turrialba, Costa Rica
2001

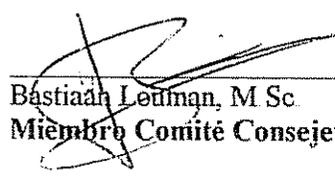
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por el Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del Estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

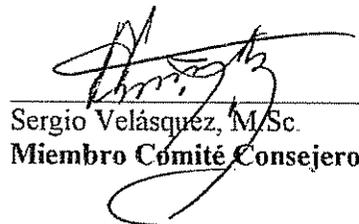
MAGISTER SCIENTIAE

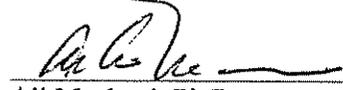
FIRMANTES:

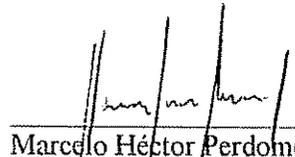

Glenn Galloway, Ph.D.
Consejero Principal


Bryan Finegan, Ph.D.
Miembro Comité Consejero


Bastiaan Louman, M.Sc.
Miembro Comité Consejero


Sergio Velásquez, M.Sc.
Miembro Comité Consejero


Ali Moslemi, Ph.D.
Director Escuela de Posgrado


Marcelo Héctor Perdomo
Candidato

DEDICATORIA

A mis padres Elisa y Héctor,
a mis hermanos Cecilia y Claudio,
y a Verónica...

por ser parte de este logro...

nada hubiera sido igual sin ellos...

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Glenn Galloway, a quien admiro como persona y profesional, por su gran apoyo en cada momento y su valioso asesoramiento como profesor consejero.

A los miembros del comité de tesis: Bryan Finegan Ph.D.; Bas Louman, M. Sc. y Sergio Velázquez M.Sc. por sus importantes contribuciones y apoyo para la realización de esta tesis.

Al Proyecto CATIE/TRANSFORMA por su apoyo en el CATIE y en el Río San Juan.

Al Proyecto de Manejo Sostenible de la Gran Reserva Indio Maíz y a DANIDA, por su apoyo económico y logístico para la realización del trabajo de campo.

A Noyli Navarro por su gran ayuda y amistad, y a la gente de Postgrado por su apoyo y compañerismo.

A Hugo Brenes por simplificarme la vida con sus aportes en la preparación y análisis de los datos y a Luis Diego Delgado por sus aportes, su experiencia y su amistad.

A María Eugenia Parrales, no solo por su gran ayuda en el trabajo con SIG durante mi trabajo en Río San Juan, sino también por su don de gente y su amistad.

A la gente de Boca de Sábalos y El Castillo con quienes aprendí muchas cosas. A mis ayudantes de campo Margarito Tenorio, Eliseo Rivera, y especialmente a Pedro Pablo Hernández, por su inmejorable ayuda y por haber soportado las dificultades y disfrutado el trabajo a lo largo de tantos kilómetros caminados en el campo. A las personas que nos permitieron entrar en sus fincas para instalar las parcelas, que nos ofrecieron café, tortillas, cuajada, arroz y frijoles. A los amigos que tengo en Boca de Sábalos y en el PMS.

A la gente del proyecto TRANSFORMA por permitirme compartir dos años excelentes. A Jeanette Sanchez y Emilce Chavarria, por su amabilidad y por ayudarme con tantas cosas.

A la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de Universidad Nacional de La Plata, por haberme dado la posibilidad de estudiar en CATIE con su apoyo institucional y económico. Y a mis compañeros y amigos del LISEA a quienes les debo muchas cosas.

A mis compañeros de maestría, por los buenos e inolvidables momentos que compartimos.

A Marilú, Jorge y Carmen por hacerme sentir como en casa cada vez que entraba en la Cafetería o en el Club.

A los funcionarios del CATIE, por su apoyo y amistad.

Al CATIE, por todas las cosas “demasiado buenas” que me permitió vivir, y por todo lo bueno y lo malo que me enseñó.

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción	1
1.1. Justificación	1
1.2. Objetivos	
2.1.1. General	3
2.1.2. Específicos	3
1.3. Preguntas de Investigación	4
1.4. Hipótesis	4
2. Revisión de literatura	5
2.1. Conceptos de la ecología del paisaje	
2.1.1. Generalidades	5
2.1.2. Fragmentación	10
2.1.3. Conectividad	11
2.1.4. Aspectos críticos para el manejo y la conservación de los recursos forestales	
2.1.4.1. Conceptos generales	12
2.1.4.2. Impacto de las actividades humanas	12
2.1.4.3. Áreas ya fragmentadas	13
2.2. Municipio El Castillo	
2.2.1. Recursos forestales	14
2.2.2. Aspectos socioeconómicos	
2.2.2.1. Tenencia de la tierra	15
2.2.2.2. Actividades productivas	17
2.2.2.3. Aprovechamiento y manejo de los recursos naturales	19
2.2.2.4. Comercialización de recursos forestales	20
2.2.2. Impactos ambientales relacionados con las actividades forestales	20
2.2.3. El problema de la fragmentación y la deforestación	21
2.3. Criterios para la definición de áreas de manejo, protección y recuperación de ecosistemas forestales	
2.3.1. Principios, Criterios e Indicadores para el manejo forestal sostenible	22
2.3.2. Normas técnicas para el aprovechamiento Forestal en Nicaragua	27

2.3.3. Recomendación de la literatura para el manejo y la conservación a escala de paisaje	28
2.4. Los Sistemas de Información Geográfica para el manejo, análisis de la información y toma de decisiones	
2.4.1. Consideraciones generales	29
2.4.2. El SIG en El Castillo	29
3. Metodología	31
3.1. Descripción del área de estudio	31
3.2. Determinación de "tipos de bosque"	
3.2.1. Muestreo	32
3.2.2. Análisis de los datos	33
3.2.2.1. Caracterización general de los bosques en la zona de estudio	33
3.2.2.2. Análisis multivariados	34
3.2.2.2.1. Análisis de correspondencia	34
3.2.2.2.2. Análisis de conglomerados	35
3.2.2.3. Comparación de los tipos de bosques	36
3.3. Análisis del paisaje	
3.3.1. Determinación de los tipos de cobertura vegetal en el área de estudio	36
3.3.2. Mapeo de los tipos de bosque encontrados	39
3.3.3. Descripción del paisaje y caracterización de los fragmentos del bosque	40
3.4. Determinación de "unidades ambientales"	42
3.5. Determinación de "unidades socioeconómicas"	43
3.6. Determinación de zonas críticas para el manejo, la protección y la recuperación a nivel de planificación local y del paisaje	43
3.6.1. Nivel de planificación local	44
3.6.2. Nivel de planificación de paisaje	45
3.7. Determinación de áreas prioritarias	47
3.8. Comparación de los niveles de planificación	48
3.9. Estimación del potencial productivo de la zona	49
4. Resultados y Discusión	53
4.1. Caracterización general	53
4.2. Identificación de los tipos de bosque. Análisis multivariado	

4.2.1. Análisis de correspondencia	54
4.2.2. Análisis de conglomerados	55
4.3. Comparación de los tipos de bosque	
4.3.1. Estructura de los bosques	59
4.3.2. Riqueza, composición y diversidad	62
4.3.3. Especies de mayor peso ecológico	65
4.3.4. Existencias comerciales	66
4.4. Análisis del paisaje	
4.4.1. Tipos de cobertura vegetal en el área de estudio	68
4.4.2. Mapeo de tipos de bosque	70
4.4.3. Descripción del paisaje	71
4.5. Determinación de unidades ambientales	77
4.6. Determinación de unidades socioeconómicas	79
4.7. Determinación de zonas críticas para el manejo, la protección y la recuperación de áreas a nivel local	80
4.8. Determinación de zonas críticas para el manejo, la protección y la recuperación de áreas a nivel de paisaje	85
4.9. Determinación de áreas prioritarias	90
4.10. Comparación de los niveles de planificación	95
4.11. Potencial productivo de la zona	97
5. Conclusiones y recomendaciones	100
6. Bibliografía	109
6. Anexos	114

Índice de cuadros

Cuadro 1.	Situación legal de la propiedad en el municipio El Castillo	16
Cuadro 2.	Porcentaje de campesinos por rubro de producción	18
Cuadro 3.	Aspectos ecológicos y ambientales considerados en los Principios, Criterios, e Indicadores	24
Cuadro 4.	Aspectos considerados por los C & I de Centroamérica (Proceso de Lepaterique)	26
Cuadro 5.	Recomendaciones de la literatura para la aplicación de ecología del paisaje en el manejo forestal	28
Cuadro 6.	Ejemplo de una matriz primaria de datos de especies por parcelas	34
Cuadro 7.	Ejemplo de una matriz de distancias entre parcelas	36
Cuadro 8.	Tipos de cobertura vegetal y superficies en el Municipio El Castillo	37
Cuadro 9.	Caracterización y parámetros estructurales de los tipos de bosques definidos	60
Cuadro 10.	Diez familias más ricas en especies para cada tipo de bosque	63
Cuadro 11.	Datos e índices descriptivos del Paisaje	72
Cuadro 12.	Caracterización de los tipos de bosque según el tamaño de los parches	72
Cuadro 13.	Forma de los parches de los diferentes tipos de bosque	74
Cuadro 14.	Borde y hábitat interior por tipo de bosque	75
Cuadro 15.	Zonas críticas al nivel local	81
Cuadro 16.	Superficie asignada a manejo forestal según tipos de bosque al nivel de planificación local	83
Cuadro 17.	Superficie asignada a protección según tipos de bosque al nivel de planificación local	84
Cuadro 18.	Superficie asignada a recuperación según el nivel de planificación local	84
Cuadro 19.	Zonas críticas al nivel de paisaje	86
Cuadro 20.	Superficie asignada a manejo forestal según tipos de bosque al nivel de planificación paisaje	88
Cuadro 21.	Superficie asignada a protección según tipos de bosque al nivel de planificación paisaje	89
Cuadro 22.	Superficie asignada a recuperación según el nivel de planificación paisaje	89
Cuadro 23.	Superficie asignada según su prioridad para manejo, protección o recuperación	91
Cuadro 24.	Valores de las proporciones en la "cross-tabulation"	96
Cuadro 25.	Distribución diamétrica del Área basal (G) de las especies comerciales En el bosque de <i>Pentaclethra</i>	98
Cuadro 26.	Cálculo de la Intensidad de Cosecha (IC)	98

Cuadro 27.	Distribución diamétrica del volumen de las especies comerciales En el bosque de <i>Pentaclethra</i>	99
-------------------	--	----

Índice de figuras

Figura 1.	Enfoque jerárquico. Las diferentes unidades dentro del paisaje	7
Figura 2.	Representación de los “sistemas jerárquicos”	8
Figura 3.	Zonificación Socioeconómica del Municipio El Castillo	16
Figura 4.	Localización del área de estudio	31
Figura 5.	Evaluación de la imagen 2000	38
Figura 6.	Representación de “efectos de borde” para diferentes tamaños de parches	41
Figura 7.	Ejemplo de la relación entre el tamaño de parche y los efectos de borde	41
Figura 8.	Análisis de correspondencia (DECORANA)	55
Figura 9.	Dendrograma de clasificación de tipos de bosques por similitud florística	57
Figura 10.	Distribución de individuos (número de individuos por ha) por clases diamétricas y según tipos de bosque	61
Figura 11.	Distribución del Area basal (m ² /ha) por clases diamétricas y según tipos de bosque	62
Figura 12a.	Diez especies con mayor % de IVI en los bosques de <i>Pentaclethra</i> y <i>Brosimum-Anacardium</i>	65
Figura 12b.	Diez especies con mayor % de IVI en los bosques de <i>Astrocaryum</i> y <i>Dipteryx</i>	66
Figura 13.	Mapa de tipos de cobertura vegetal en la Zona de Amortiguamiento de la Gran Reserva Indio - Maíz en el Municipio El Castillo	68
Figura 14.	Proporción de los diferentes tipos de vegetación en el área de estudio.	66
Figura 15.	Mapa de tipos de bosque según su composición en la Zona de Amortiguamiento de la Gran Reserva Indio - Maíz en el Municipio El Castillo	70
Figura 16.	Número de parches por tipo de bosque y según la clase de tamaño	73
Figura 17.	Area de parches por tipo de bosque y según la clase de tamaño	73
Figura 18.	Relación entre la forma y el tamaño de los parches de bosque	74
Figura 19.	Ejemplo de bordes en bosques primarios	76
Figura 20.	Clasificación de las unidades ambientales con importancia para la definición de restricciones para el manejo forestal en el Municipio El Castillo	78
Figura 21.	Clasificación de las unidades socioeconómicas relevantes para la definición de áreas prioritarias para manejo, protección y recuperación de bosques	79
Figura 22.	Mapa de áreas críticas al nivel local	82

Figura 23.	Mapa de áreas críticas al nivel de paisaje	87
Figura 24.	Representación de las áreas de tipos de bosques según correspondan a manejo o protección	91
Figura 25.	Gráfico de la proporción de superficies asignadas a manejo, protección o recuperación de bosques para cada nivel de prioridad	92
Figura 26.	Mapa de áreas prioritarias	93
Figura 27.	Áreas de manejo y protección por tipos de bosque correspondientes a prioridad 1	94
Figura 28.	Áreas de manejo y protección por tipos de bosque correspondientes a prioridad 2	94
Figura 29.	Comparación de superficies asignadas según los niveles de planificación	96

Índice de anexos

Anexo 1.	Principios, Criterios e indicadores para el MFS de FSC, CIFOR, Centroamérica, INAFOR. Normas técnicas de Manejo de INAFOR	115
Anexo 2.	Estratificación del muestreo y distribución de las parcelas	124
Anexo 3.	Distribución de POAs y PGM en la zona de estudio	125
Anexo 4.	Puntos de campo para evaluación de la clasificación de imágenes de satélite 2000	126
Anexo 5.	Mapa de distribución de parcelas agrupadas según semejanza en composición	127
Anexo 6.	Datos de inventarios de POAs	128
Anexo 7.	Mapa de ubicación de POAs según estratos de muestreo	135
Anexo 8.	Curva de acumulación de especies por tipo de bosque	136
Anexo 9.	Cuadro de riqueza y diversidad de especies. Curva rango abundancia	137
Anexo 10.	Diez especies con mayor IVI por tipo de bosque	138

Perdomo, M. 2001. Herramientas para la planificación del manejo de los bosques a escala de paisaje en el municipio El Castillo del sudeste de Nicaragua.

Palabras clave: Manejo forestal sostenible, tipos de bosque, ecología del paisaje, fragmentación, planificación, SIG, Bosques húmedos tropicales, Río San Juan, Nicaragua.

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 de 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, el presente trabajo persigue contribuir a la determinación de los aspectos relevantes para la toma de decisiones del manejo forestal de bosques fragmentados en la Zona de Amortiguamiento de la Gran Reserva Indio- Maíz. Se aplican elementos de la ecología del paisaje como marco para la planificación del manejo y la conservación de los recursos forestales.

Se ha establecido la clasificación de tipos de bosques enfocada al manejo forestal según la composición florística. Se realizó un muestreo estratificado en el campo y fueron utilizadas tecnologías de SIG para mapear y analizar la información. Para diferenciar los tipos de bosques fueron utilizados métodos multivariados. Se calcularon parámetros del paisaje utilizando SIG. Se determinaron cuatro tipos de bosques según composición florística: bosque de *Pentaclethra*, bosque de *Brosimum-Anacardium*, bosque de *Dipteryx*, y bosque de *Astrocaryum*. Los cuatro tipos de bosque presentan especies comerciales y potencialmente comerciales importantes, pero presentan características diferentes para el manejo según su composición y tipo de suelo.

Se determinaron y clasificaron unidades “ambientales” y “socioeconómicas” en función de su importancia o relevancia para el manejo y conservación de los bosques. Una vez que fueron sistematizados mediante el SIG estas unidades, mas la clasificación de tipos de bosque, se aplicaron un conjunto de criterios, basados en C & I, normas técnicas y recomendaciones de la literatura, para clasificar zonas. Fueron obtenidas y mapeadas áreas de manejo, protección y recuperación de bosques según criterios de nivel local y de nivel paisaje. Se determinó la importancia de la planificación a gran escala, comparando la

zonificación basada en criterios de la ecología del paisaje con la zonificación sobre la base de criterios locales.

Ambos niveles de planificación asignaron mayor área a manejo forestal que a protección o recuperación, pero el nivel local asignó una mayor proporción. El nivel de paisaje permitió proteger a los tipos de bosques escasamente representados en el paisaje, definir corredores con el fin de mitigar los efectos de la fragmentación y considerar la "conectividad" de los parches de bosques. Se determinaron áreas de recuperación vinculadas a estos aspectos. Además, al nivel paisaje se determinaron áreas prioritarias, es decir, sectores donde enfocar los esfuerzos iniciales.

Se discuten las implicaciones de los resultados para la aplicación de criterios de ecología de paisaje para el manejo forestal. Se recomiendan acciones para el manejo y la conservación de los bosques para los próximos años.

Perdomo, M. 2001. Planification tools for forest management to landscape scale in El Castillo, in the south of Nicaragua.

Keywords: Sustainable forest management, forest types, landscape ecology, fragmentation, planning, GIS, tropical rain forest, San Juan River, Nicaragua.

Summary

As human impacts on forests augment and deforestation increases, there is a growing recognition of the importance of biodiversity conservation. This combination of divergent goals and trends has contributed to the ever-greater complexity of forest management. The forests in the El Castillo municipality, situated in the south of Nicaragua, has been subjected to an ongoing process of fragmentation. An ever-increasing extension of forest is being eliminated or is being degraded. This destruction of the forest resource is occurring in spite of the fact that this forest constitutes the "buffer zone" of the Indio-Maiz Biological Reserve and forms an important link in the Mesoamerican Biological Corridor.

The "forest management units (FMU)" in the El Castillo forests are delineated and managed as isolated entities which are not articulated at a superior level, for example, at the landscape level. This problem typifies most forest management initiatives in Central America, which tend to concentrate on FMU. Taking into account this deficiency, this work attempts to contribute to the determination of important attributes which can be taken into account at the landscape level during forest management planning. Concepts derived from landscape ecology were utilized as a framework for forest-use planning and conservation.

Forest types were identified according to floristic composition and from a forest management perspective. A stratified sampling was carried out, and GIS technology was utilized to plot and map the information. In order to differentiate between forest types, multivariate analyses were employed. Forests were grouped according to similarities in floristic composition and also their relation to landscape parameters. Four forest types were identified and named according to the principal species found: *Pentaclethra*, *Brosimum-Anacardium*, *Dipteryx*, and *Astrocaryum*. All four forest types present commercial and potentially important commercial species, but management characteristics are distinct depending on species present and to predominant soil characteristics.

Environmental and socioeconomic variables were determined and mapped. These variables were used to classify forest types according to their management potential and importance for conservation. Once forest types, environmental and socioeconomic units were systematized utilizing GIS, a subgroup of criteria and indicators and management guidelines were utilized as filters to classify zones. Criteria and indicators were derived from well known, widely disseminated C&I sets. Nicaraguan management guidelines were taken into account, as was pertinent information from the literature. From this procedure, areas were classified as being best suited for forest management, forest protection or recuperation at local and landscape levels. The resultant classification was mapped. Finally, the results at the local and landscape levels were compared to determine correspondence and divergence between the classifications at the two levels.

At both planning levels, the classification assigned more area to "forest management" than to protection and recuperation, but a greater proportion was assigned to "forest management" when the local perspective was applied. When the perspective is shifted to the landscape level, several considerations increase the areas allotted to protection and recuperation. Of particular importance in this study was the poor representation of some forest types at the landscape level (indicating a potential need for their protection) and the clear importance of biological corridors to mitigate forest fragmentation and favor connectivity among patches. In this way, landscape level considerations aid the identification of critical areas where initial efforts should be concentrated.

The implications of applying landscape ecology criteria to forest management are discussed as are recommendations for forest management and conservation in coming years.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación

La creciente necesidad de conservar la biodiversidad hace más compleja la planificación del manejo forestal y plantea la necesidad de utilizar herramientas tales como los sistemas de información geográfica (SIG) para cumplir con estos objetivos (Naesset 1997). Por otro lado, el impacto de la población sobre los bosques, y la deforestación crecen a tasas elevadas, especialmente en las regiones tropicales. La ecología del paisaje como marco de planificación comprende la aplicación de conocimientos científicos a disciplinas como la ordenación forestal, la planificación del uso de la tierra, la arquitectura paisajista, el diseño urbano y el restablecimiento de los hábitats (Pierce y Ervin 1999). Además, el SIG está estrechamente vinculado con el desarrollo de la ecología del paisaje como ciencia.

En los últimos años los procesos de certificación han adquirido importancia como mecanismo para mejorar el manejo y la ordenación de los bosques. Pero, si no se consideran los aspectos del paisaje mas allá de las parcelas o unidades de manejo, la certificación puede ser un instrumento con limitaciones para garantizar la sostenibilidad del manejo forestal en el trópico. Enfoques a escala de paisaje permiten considerar un conjunto complejo de procesos ecológicos y socioeconómicos. Además, posibilitan el análisis de los diferentes elementos del paisaje como ecosistemas relacionados y no como elementos aislados. Estos aspectos son de importancia fundamental para la planificación del manejo y la conservación de los bosques tropicales, especialmente en el Municipio El Castillo, en el sudeste de Nicaragua, donde los bosques han sido fragmentados y/o se encuentran en procesos de fragmentación.

Se plantea que los programas de certificación deberían abordar conceptos tales como: la fragmentación forestal, la conectividad, el tamaño de los espacios forestados y la protección de las especies en situación de riesgo. Por otro lado, muchas operaciones y empresas interesadas en certificación en diferentes partes del mundo han comenzado a utilizar instrumentos de planificación a escala de paisaje, como imágenes de satélite, sistemas GPS y SIG (Pierce y Ervin 1999).

El Municipio El Castillo se encuentra en la cuenca del Río San Juan, y parte de su territorio pertenece a la Gran Reserva Indio – Maíz, y a su zona de amortiguamiento. También integra el Corredor Biológico Mesoamericano. El cambio de uso de la tierra, la deforestación y el uso no sostenible de los recursos forestales, fuertemente relacionados con los altos niveles de pobreza de la población, constituyen los problemas más importantes de la región. La posibilidad de integrar estos procesos mediante un estudio

a escala de paisaje, con el fin de comprender la complejidad de los fenómenos que se verifican en la zona, y buscando encontrar posibles soluciones, fueron las principales motivaciones para la realización de este trabajo.

El desafío para los planificadores y tomadores de decisión sobre el manejo de los recursos forestales en el área es detener la deforestación y estimular el manejo sostenible en los bosques productivos, para frenar los procesos de degradación, y aumentar el valor ambiental, social y económico de los mismos. Una de las prioridades debe ser 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, es generar mecanismos que permitan integrar el bosque a la economía local y favorecer la diversificación de las actividades productivas de las comunidades. Por lo tanto, es necesario generar y aplicar criterios objetivos que permitan tomar decisiones y definir prioridades para el manejo y la conservación de estos bosques.

Con este marco, se plantea la necesidad de realizar una zonificación que permita determinar las áreas críticas para el manejo, la protección y la recuperación de ecosistemas forestales. Si bien en los últimos años se han desarrollado estudios y proyectos de gran importancia para la región, no existen antecedentes de trabajos que analizan la problemática del manejo de bosque con un enfoque a escala de paisaje. Un enfoque de este tipo permitiría contextualizar la problemática del manejo y la conservación en las diferentes zonas del municipio, como así también posibilitaría mejorar la capacidad de planificación del manejo y ordenación de los bosques en el ámbito municipal, y promover la conservación de la biodiversidad a escala de paisaje.

Con base en lo anterior, y resaltando la importancia de la Gran Reserva Indio - Maíz y del Corredor Biológico Mesoamericano, se considera que la información generada en este trabajo permitirá apoyar (pautar) la planificación del manejo sostenible de los recursos forestales, en el marco de las estrategias regionales y municipales. Por otro lado, se aportan nuevos elementos para el análisis de la viabilidad de los planes de manejo de la zona, favoreciendo así el uso adecuado y la conservación de los bosques.

1.2. Objetivos

1.2.1 General

Se ha contribuido a la determinación de los aspectos relevantes para la toma de decisiones del manejo forestal a gran escala y la aplicación de la ecología del paisaje como marco para la planificación del uso y la conservación de los recursos forestales.

1.2.2. Específicos

- Se ha establecido la clasificación de tipos de bosques presentes en la región de estudio según la composición florística y enfocada al manejo forestal.
- Se han determinado y clasificado unidades “ambientales” según la fisiografía, hidrología y drenaje y su relación con los tipos de bosques en función de su importancia o relevancia para el uso, la conservación y el manejo de los recursos forestales.
- Se han determinado unidades de tipo “socioeconómico” y establecido su relación con los recursos forestales del área.
- Con base en la información anterior, se ha establecido una zonificación donde se identifican las áreas críticas o prioritarias para la intervención, sea para el manejo, la recuperación, o la protección.
- Se ha determinado la importancia de la planificación a gran escala, comparando una zonificación basada en criterios de la ecología del paisaje con una zonificación sobre la base de criterios locales.
- Se ha aportado información y herramientas técnicas al municipio para la planificación del manejo y uso de los recursos forestales consistentes tanto con el plan de ordenamiento territorial municipal como con las estrategias regionales de manejo sostenible.

1.3. Preguntas de investigación

1.3.1 ¿Cuales son los tipos de bosques presentes en el área, cual es su distribución espacial y que superficie ocupan? ¿La información existente es confiable y adecuada para los fines de este trabajo?

1.3.2. ¿Cuales son las características de los diferentes tipos de bosque según composición, densidad, y existencias maderables? ¿Cuál es su relevancia para el manejo, protección y recuperación?

1.3.3. ¿Que tipo de unidades ambientales es posible identificar en función de la determinación de "*restricciones*" para el uso o manejo de los bosques a escala local? ¿Cuales a escala de paisaje?

1.3.4. ¿Cuál es el potencial productivo de los bosques en términos de área según los tipos de bosque y sus restricciones ambientales con un análisis a escala local? ¿Cuál a escala de paisaje?

1.3.5. ¿Que tipo de unidades socioeconómicas es posible identificar en función de la determinación de "*prioridades*" para el manejo, protección o recuperación de los bosques a escala de paisaje? ¿Cómo influyen estas unidades en el interés e impacto sobre los bosques?

1.3.6. ¿Cuál es la magnitud y distribución de las áreas críticas para el manejo, la protección, o la recuperación de acuerdo a criterios ambientales y socioeconómicos a escala local? ¿Cuál según consideraciones a escala de paisaje?

1.3.7. ¿Cuales son las implicancias de la planificación a escala de paisaje sobre la escala local? ¿Cuales son las áreas de coincidencia entre ambas y que tienen en común? ¿Cuales son las diferencias y que medidas se podrían tomar para acercarlas? ¿Cómo se podrían integrar los dos niveles de forma tal de maximizar en forma complementaria los intereses de ambos niveles?

1.4. Hipótesis

"No existen diferencias significativas entre la planificación del manejo y conservación de bosques al nivel de paisaje y al nivel local."

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Conceptos de la ecología del paisaje:

2.1.1. Generalidades

Un paisaje es un mosaico donde se repite en forma similar, a lo largo de varios kilómetros, una combinación de ecosistemas y usos de la tierra. Dentro de un paisaje varios atributos y patrones tienden a ser similares, incluyendo aspectos geológicos, suelos, tipos de vegetación, fauna, disturbios naturales, uso de la tierra, y patrones de agregación humana (Forman 1995).

Los agentes de formación de patrones en paisajes naturales pueden ser clasificados como (1) disturbios, (2) procesos bióticos (demografía y dispersión) y (3) restricciones ambientales (Levin 1978, citado por Urban *et al.* 1987), que interactúan entre sí de diferente forma. El escenario resultante es un mosaico de parches de tamaño variable, que tienen un origen diferente, con diferentes períodos de regeneración, pero que representan ecosistemas relacionados en mayor o menor grado (Urban *et al.* 1987).

El arreglo espacial de los parches, sus diferentes características, la yuxtaposición y la proporción de diferentes tipos de hábitat son elementos que influyen y modifican el comportamiento de las especies, poblaciones y comunidades (Farina 1999). La heterogeneidad del paisaje influye sobre la forma en que los mosaicos complejos son atravesados por organismos, energía, nutrientes, y agua.

Los organismos - también las poblaciones y comunidades- reaccionan a estímulos externos por sus necesidades biológicas de optimizar los recursos y la energía para realizar sus procesos. El espaciamiento, o arreglo espacial, es la respuesta ecológica de un organismo (población o comunidad) debido a la distribución desuniforme de recursos (hábitat adecuado) y de competencia intra e interespecífica en espacio y tiempo (Farina 1999).

La complejidad de los patrones en el paisaje se organiza de una manera especial: los agentes de formación y los parches ocurren a escalas características las que están correlacionadas positivamente en tiempo y espacio. Así, por ejemplo, los disturbios a pequeña escala tienden a ocurrir más frecuentemente mientras que los eventos más grandes tienden a ser menos frecuentes (Urban *et al.* 1987). Pero la intervención del hombre y la presión demográfica pueden producir cambios en la escala de estos patrones,

y provocar perturbaciones en grandes áreas con alta frecuencia, por ejemplo, con las actividades de cambio de uso de la tierra.

La clasificación del paisaje es relevante para el estudio de mosaicos de tierra, especialmente desde la perspectiva del hombre. Puede usarse por los interesados en estudiar la interacción entre las actividades humanas y el paisaje. Puede ser usado particularmente para la preparación de planes maestros, la planificación de reservas naturales y, en general, como guía para muchos tipos de manejo de tierra. No existen reglas precisas, y dependen del propósito, la escala de investigación, el tiempo y la disponibilidad de recursos financieros (Farina 1999). Pero, mas allá del objetivo de la clasificación, será necesario contar con una cantidad importante de información recolectada a los diferentes niveles, desde sensores remotos hasta los actores locales. De forma tal, que las fotografías aéreas, imágenes de satélite, mapas geológicos, hidrológicos y de suelo; mapas de vegetación, de uso de la tierra y distribución animal, mapas catastrales, administrativos, actividades productivas de los campesinos, empresas que operan en la zona, procesos demográficos, etc., permite caracterizar la distribución y calidad de los recursos naturales y la relación del hombre con estos.

La planificación del uso de los recursos naturales y las estrategias de manejo y conservación a largo plazo, deben partir de la consideración de los patrones del paisaje por sobre los aspectos locales, ya que muchos factores y procesos al nivel de paisaje influyen sobre los niveles inferiores (Noss 1983) como se puede observar en el esquema conceptual de la Figura 1.

Una forma efectiva de organizar la información espacial es utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG). Estos sistemas se han convertido en herramientas fundamentales para el análisis de información, dada su capacidad para responder preguntas geográficas basado en la información de mapas digitales y bases de datos asociadas. Mediante SIG es posible generar información que permita adoptar una perspectiva paisajística en la planificación, la ordenación, y el monitoreo del uso de los recursos forestales (Pierce y Ervin 1999). El manejo eficiente y la utilización sostenible y racional de los recursos naturales es crucial para lograr un desarrollo económico sostenible, y para ello es necesario el conocimiento de dichos recursos, su dinámica y sus funciones ecológicas y económicas (Heiner 2000).

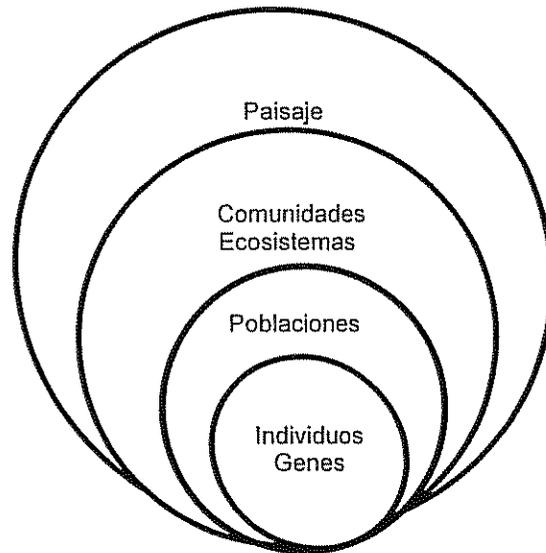


Figura 1. Las diferentes unidades dentro del paisaje presentan interacciones ecológicas (flujo de materia y energía, flujo de especies, individuos y genes entre las comunidades y ecosistemas agrupados), e interacciones de tipo socioeconómico (dinámica demográfica, distribución y tipo de actividades productivas, centros de consumo, etc.). Enfoque jerárquico (Tomado de Noss 1990 y modificado)

Algunas teorías y modelos ocupan un importante lugar en la formulación de un marco ecológico al nivel de paisaje, y estas tienen como objetivo fundamental interpretar la complejidad y la heterogeneidad del paisaje (Farina 1999). A continuación se hace una breve descripción:

a- Sistemas jerárquicos:

Los sistemas organizados jerárquicamente pueden ser divididos o descompuestos en componentes funcionales discretos operando a escalas diferentes (Simon 1962, citado por Urban *et al.* 1987). Las unidades a un determinado nivel de análisis, interactúan para generar un comportamiento en el nivel superior, y las unidades del nivel superior controlan a aquellas de los niveles inferiores (Figura 2). Este paradigma puede ayudar al diseño de estudios de ecología del paisaje y en la predicción sobre cómo algunos factores externos, especialmente las intervenciones humanas, podrían alterar un ecosistema (Urban *et al.* 1987).

A cada nivel, los componentes similares y relacionados se convierten en agregados funcionales a un nivel superior. Cada parche, a cada nivel, es al mismo tiempo un conjunto integral y parte de un componente del nivel superior próximo (Koestler 1967, citado por Urban *et al.* 1987).

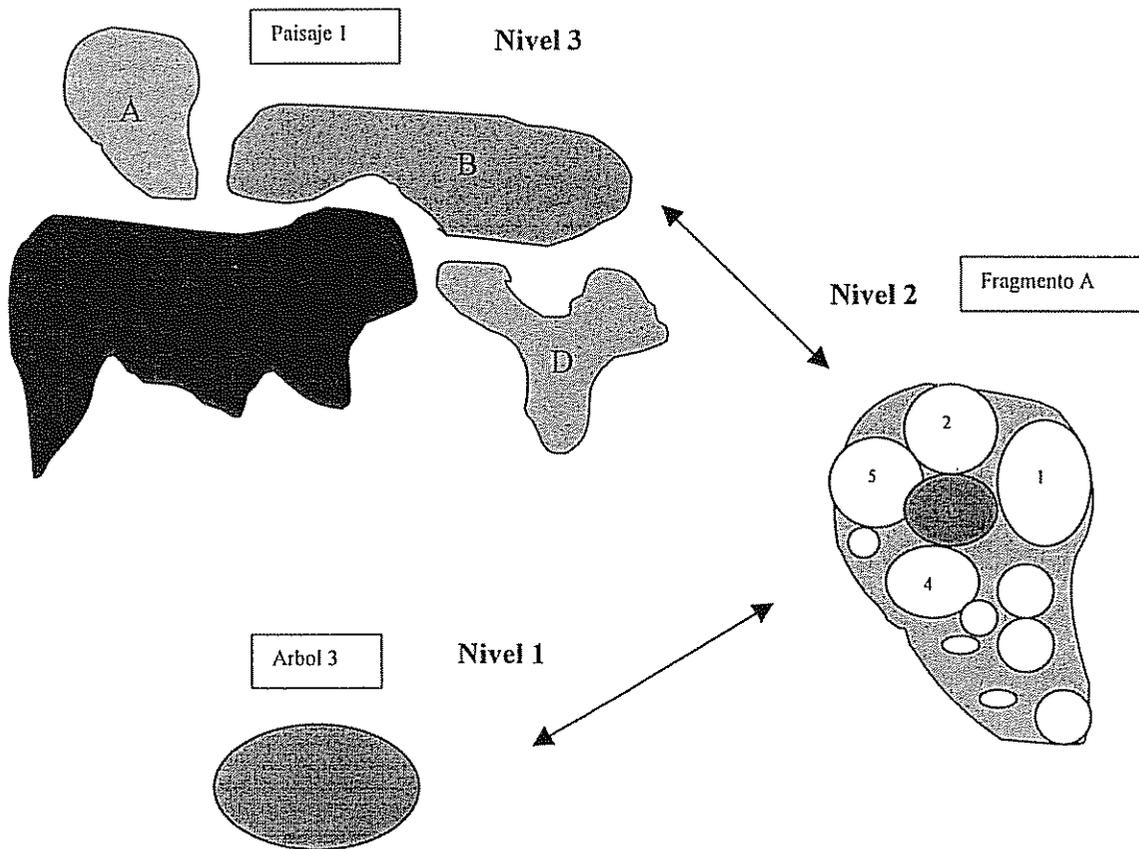


Figura 2. Representación de los "sistemas jerárquicos". En el paisaje 1 (hipotético) existen cuatro fragmentos de bosque (A, B, C y D) en una matriz de pastizal. Estos parches interactúan y caracterizan el comportamiento del paisaje. En el fragmento A existe una comunidad con un número de árboles (1, 2, 3, etc) los cuales presentan distintas relaciones que caracterizan, a su vez, el comportamiento de dicho fragmento.

b- Teoría de la percolación:

Esta teoría, que estudia el comportamiento de la difusión de los fluidos a través de un medio (Stauffer 1985, citado por Farina 1999), ha encontrado una aplicación interesante en la ecología del

paisaje. Utiliza un umbral de percolación (un límite a partir del cual un fluido no puede atravesar un medio) que depende de las características de porosidad de dicho medio. La importancia de esta teoría en el estudio de las características del paisaje, es la relación entre algunas funciones ecológicas con un determinado umbral, dado por la configuración de los elementos del paisaje. Así, el movimiento y uso de los recursos por animales, se relaciona con la configuración del paisaje (un cierto "umbral de percolación", en términos de la teoría) y la capacidad de los animales de atravesar dicho paisaje (Farina 1999). Por ejemplo, muchas especies animales dependen de la existencia de áreas continua de bosques para buscar su alimento. Si los bosques sufren procesos de fragmentación, llegará un momento (umbral) en que estos animales ya no podrán desplazarse lo necesario y, por lo tanto, no lograrán sobrevivir bajo estas condiciones.

c- Metapoblaciones

El concepto de metapoblaciones emerge de la biología de la conservación y se refiere a un conjunto de subpoblaciones en contacto una con la otra por dispersión de individuos y flujo genético (Poiani *et al.* 2000). Sin conexión genética y demográfica no serían metapoblaciones, sino que se trataría de poblaciones aisladas. Este modelo puede aplicarse para estudiar la dinámica de especies y poblaciones en ambientes fragmentados (Farina 1999). Un paisaje puede contener un conjunto de fragmentos que constituyen las metapoblaciones.

d- Sistema "fuente - sumidero":

Estos sistemas se caracterizan por tener una población "fuente", la cual posee mayor número de nacimientos que muertos y más emigración que inmigración, y poblaciones "sumidero", las cuales tienen un balance negativo entre progenie y muertos, y la producción juvenil no puede compensar la mortalidad de adultos. En ausencia de inmigración, una población "sumidero" se extinguirá (Farina 1999). Por lo tanto, será necesario conocer la relación entre estos tipos de poblaciones y sus implicancias para orientar el manejo de los recursos en el paisaje. Poiani *et al.* (2000) citan un trabajo en el que se demuestra que un 10% de población "fuente" es suficiente para mantener un 90% de población "sumidero". Estos autores no citan las características de estas poblaciones, pero es muy probable que se encuentren variaciones muy importantes en función de las especies que las constituyen.

Parches fuente y sumidero serán aquellos ocupados por poblaciones "fuente" y "sumidero" respectivamente. Este paradigma, íntimamente relacionado con el concepto de metapoblaciones, es

ampliamente utilizado en ecología del paisaje para explicar la diferente distribución de individuos. La calidad de un parche esta controlada fuertemente por su tamaño. En parches grandes la producción per cápita es mas grande y los efectos "fuente" son mas evidentes y la reducción de su tamaño por fragmentación puede tener serios efectos en la supervivencia de una población (Farina 1999).

La ecología del paisaje no puede explicar todos los procesos pero puede ayudar a comprender la complejidad, por ejemplo la interrelación entre procesos y patrones. El común denominador es la dimensión espacial de los procesos, y su importancia sobre otros procesos espaciales, no espaciales y aspectos relacionados (Farina 1999).

2.1.2. Fragmentación

Luego de la remoción de la vegetación persiste a lo largo del paisaje un conjunto de parches fragmentados, los cuales se distribuyen de diferente manera, sobre diferentes tipos de suelo, poseen diferente tipo de vegetación y varían a su vez en tamaño, forma, aislamiento y tipo de propietario (Saunders *et al.* 1991). La fragmentación produce cambios en la distribución de parches de vegetación y usos del suelo a lo largo del paisaje , modificando las escalas de los procesos naturales. Así, la fragmentación es uno de los procesos mas severos que influyen en la pérdida de biodiversidad (Farina 1999).

Las características de dispersión y demografía de las especies, determinarán su respuesta a la fragmentación. Poblaciones pequeñas pueden persistir por largos períodos simplemente debido a la longevidad de los individuos. Cuando se produce la fragmentación, las especies que se extinguen mas rápidamente son aquellas que dependen enteramente de vegetación nativa, las que requieren de amplias superficies y las que existen en bajas densidades (Saunders *et al.* 1991).

Cuando se estudia la fragmentación, es necesario considerar otros factores tales como conectividad y estructura de metapoblaciones (Farina 1999).

Remanentes grandes usualmente contienen mayor diversidad de hábitat que remanentes pequeños. Una colección de áreas pequeñas puede, en otros casos, cubrir un conjunto más grande de hábitats que un área grande, porque esta puede no contener todos los hábitats que ocurren en una región (Saunders *et al.* 1991).

La forma de los remanentes es importante solo en áreas relativamente pequeñas. A partir de un cierto tamaño la forma realmente no importa. A menudo, para remanentes pequeños la forma determina la relación área - perímetro (interior - borde). Los remanentes largos y estrechos tienen proporcionalmente mucho más borde por unidad de área, que los remanentes circulares o cuadrados. Pero los remanentes largos y estrechos pueden, dependiendo de la orientación, ocupar gradientes ambientales y así contener más tipos de vegetación y hábitats que reservas cuadradas de área similar (Saunders *et al.* 1991).

2.1.3. Conectividad

La conectividad (Merriam 1984, citado por Farina 1999) es un parámetro que mide ciertos procesos mediante los cuales las subpoblaciones en un paisaje pueden interconectarse dentro de una unidad funcional demográfica. Los paisajes con alta conectividad pueden asegurar una probabilidad de supervivencia mayor a poblaciones aisladas.

Los corredores biológicos son estructuras funcionales y su presencia es fundamental para mitigar los efectos de la fragmentación. Son franjas angostas de hábitat rodeado por otros tipos de hábitat. Plantas y animales pueden moverse a través de un corredor, pero existe una gran variabilidad en el comportamiento de las especies a lo largo de los corredores (Farina 1999)

Los corredores pueden proveer diferentes beneficios tales como aumento del movimiento biótico, refugio durante disturbios y aumento de las características estéticas del paisaje. Otras veces pueden agregar, en forma significativa, vegetación nativa perdida luego de la fragmentación (Saunders *et al.* 1991).

Para predecir y valorar la función de los corredores en la disminución del aislamiento de los fragmentos, se necesita información sobre el movimiento de las especies individuales a través del paisaje. Esta información normalmente es costosa y difícil de obtener. No obstante, mientras se desarrollan estudios que permitan tener esta información, es necesario considerar el valor sobre el movimiento biótico y, por lo tanto, será importante retener una buena red de corredores donde sea posible (Harris y Scheck 1991; Saunders y Hobbs 1991b citado por Saunders *et al.* 1991).

2.1.4. Aspectos críticos para el manejo, la protección y recuperación de áreas forestales

2.1.4.1 Conceptos generales

La aplicación de los principios de la ecología del paisaje en la planificación y el uso de la tierra por el hombre, puede permitir la conservación de los procesos naturales (Farina 1999), en función de la interpretación de los procesos ecológicos a través de un rango de escalas espaciales, temporales y culturales.

La escala de paisaje incluye una gran superficie, en la cual ocurren un conjunto de procesos naturales y socioeconómicos, y permite considerar aquellos procesos y patrones que tienen relevancia en la definición de restricciones y prioridades, cuando se emprenden acciones de planificación y manejo de recursos naturales.

Dado que algunas especies requieren grandes superficies para vivir, otras tienen una dispersión limitada, otras están limitadas por la disponibilidad de recursos esenciales, es necesario tener en cuenta aquellos elementos estructurales y funcionales que determinan la capacidad del paisaje para sostener y mantener las especies según sus características y su situación de riesgo. (Noss 1998, citado por Pierce y Ervin 1999). Muchas especies requieren hábitats diversos y otras, en cambio, necesitan hábitats homogéneos. Por ejemplo, los mamíferos grandes normalmente son generalistas y utilizan hábitats diversos, en cambio los animales pequeños requieren hábitat uniformes. Por otro lado, las especies arbóreas, según el tipo de polinización y dispersión, requerirán más o menos superficie para mantener poblaciones viables.

2.1.4.2 Impacto de las actividades humanas

Por efecto humano pueden producirse cambios en la escala de los patrones en tiempo y espacio (Urban *et al.* 1987). El hombre puede introducir perturbaciones frecuentes o crónicas en grandes superficies y que, por lo tanto, se oponen a la regla natural de "áreas grandes / procesos lentos o áreas pequeñas / procesos rápidos. Un ejemplo típico de esta situación es el cambio en el uso de la tierra.

Las consecuencias de este proceso son (1) hacer menos efectivo los mecanismos adaptativos; (2) cambiar el conjunto de restricciones que son gobernadas por procesos bióticos; y (3) cambiar la interacción entre parches. El hombre produce un cambio de escala cuando establece nuevos límites.

Oleoductos, canales de drenaje, pastizales extensos, y carreteras constituyen barreras cuando afectan a la interacción entre parches, y especialmente a la dispersión de especies. Los cambios llegan a ser críticos cuando se redefinen escalas las cuales no pueden incorporar determinados disturbios, cambiando así la relación de equilibrio en el sistema. Por ejemplo, la fragmentación de bosques puede hacer que el tamaño de los fragmentos no es suficiente para incorporar la escala, frecuencia y distribución natural de los disturbios (Urban *et al.* 1987), o como se mencionó anteriormente, que no tenga la capacidad de mantener poblaciones viables de las especies que requieren amplias superficies de determinado ecosistema.

Para conservar las especies dependientes del bosque, cuando la presión humana ejerce una fuerte influencia, una de las posibilidades es mantener un máximo de conectividad de los remanentes de bosque primario cuando se producen procesos de deforestación, con el fin de mantener la dispersión o migración entre tramos de bosque. Además, el bosque primario que une los remanentes o reservas naturales, es difícil de recuperar una vez que se ha deforestado para cambio el uso de la tierra (Laurance y Gascon 1997).

La persistencia de algunas especies en las áreas remanentes, depende de la superficie de hábitat adecuado que puede mantenerse. Para resistir el riesgo de extinción, debe existir una superficie mínima que permita sostener un número suficiente de individuos (Soulé *et al.* 1987a; Ewens *et al.* 1987, citado por Saunders *et al.* 1991).

2.1.4.3 Areas ya fragmentadas

Existe una necesidad creciente de utilizar criterios para promover la conservación en áreas ya fragmentadas (Saunders *et al.* 1991).

El manejo de ecosistemas fragmentados tiene dos componentes: (1) manejo del sistema natural, o de dinámica interna de áreas remanentes, y (2) manejo de las influencias externas en el sistema natural. Para áreas remanentes grandes el énfasis debería ponerse en manejo de la dinámica interna, incluyendo, por ejemplo, el régimen de disturbio y la dinámica poblacional de organismos claves. Para remanentes pequeños, por el otro lado, el manejo debería dirigirse principalmente al control de influencias externas. El manejo de las áreas remanentes será un proceso adaptativo dirigido a minimizar la pérdida de especies potenciales en el futuro (Saunders *et al.* 1991). Estos conceptos adquieren relevancia en el Municipio El Castillo dada la existencia de fragmentos de bosques de diferente tamaño.

Dado que muchos impactos en áreas remanentes se originan en el paisaje circundante, existe la necesidad de apartarse de la noción tradicional de manejo de reservas, y mirar en cambio, hacia el manejo de paisajes integrados. Será cada vez más difícil mantener remanentes de vegetación nativa si las prácticas de manejo en la matriz circundante continúan causando impactos negativos en ella. El manejo tradicional de reservas se realiza hasta el límite de las mismas, pero los flujos de agua, partículas y organismos no tienen esos límites. Ubicando las reservas de conservación dentro del contexto del paisaje circundantes e intentando desarrollar estrategias de manejo complementarias parece ser la única forma de asegurar a largo plazo la viabilidad de las áreas remanentes (Saunders *et al.* 1991).

2.2. Municipio El Castillo

2.2.1. Recursos forestales

Si bien el Municipio El Castillo posee un elevado potencial para el manejo forestal en la Zona de Amortiguamiento de la Gran reserva Indio – Maíz, en la actualidad sus recursos están disminuyendo a tasas muy elevadas debido al cambio de uso de la tierra, la deforestación y el uso no sostenible de los bosques.

Existe una clasificación de bosques de tipo fisonómico que es de utilidad para caracterizar, en términos generales, el potencial productivo y la degradación de los mismos. Pero se considera que es de fundamental importancia definir una clasificación con los tipos de bosques según su composición específica, como así también en relación con variables ambientales, que permita mejorar sustancialmente la planificación del manejo forestal sostenible y la conservación de los recursos forestales en el municipio.

Diferentes estudios e inventarios para planes de manejo (Sabogal *et al.* 1992; Castillo *et al.* 1996; UCA 1995, etc.) presentan información sobre la composición de ciertas áreas de bosque, fundamentalmente con énfasis en las especies forestales comerciales, o aquellas definidas como potencialmente comerciales, pero dicha información no siempre es accesible y tampoco es homogénea, y por ello, es difícil de utilizar para comparar o generalizar.

Según se indica en el Plan de ordenamiento territorial del Municipio (Alcaldía El Castillo 1996), la región fue "descremada" de las especies forestales de mayor valor por una empresa maderera (COREXA) en la década del 80. De todos modos, un estudio (Sabogal *et al.* 1992) demostró que un sitio aprovechado por dicha empresa en La Lupe (al centro - sur del municipio, a 16 km de La Toboba) seis

años antes, el bosque contenía aún volumen aprovechable, además de tener asegurada la futura cosecha comercial, y presentar una regeneración en buenas condiciones de crecimiento.

2.2.2. Aspectos socioeconómicos

2.2.2.1. Tenencia de la tierra

Entre 1992 y 1995 el gobierno entregó entre 665 y 825 títulos de terrenos (según datos del INRA¹) a los desmovilizados del ejército (EPS²), a los de la Resistencia Nicaraguense (RN) y a otros colonos de la zona, lo que equivale a una superficie entre 31662 - 38523 manzanas (mz³). La entrega de dichos terrenos fue realizada en forma muy irregular, lo cual originó una serie de conflictos en el área. Algunas de estas situaciones fueron: entrega de títulos sin visitar el área, terrenos sin medición o con medición incorrecta, falta de definición de límites, doble titulación, etc. Después del año 1996, con el apoyo de DANIDA⁴, se han entregado 1025 títulos basados en levantamientos topográficos del terreno. Estos títulos no solo incluyen la medición adecuada, sino también un plano individual por parcela. Además se comenzó a inscribir los títulos en el Registro a la hora de entregarse a los propietarios. Los títulos entregados desde 1996 delimitan parcelas que tienen un promedio de 46 mz (Larson y Barahona 1999).

En el norte y este del municipio (Zonas 1 y 2 según zonificación del Estudio Socioeconómico) predomina un estrato de tamaño de propiedad entre 21 y 50 mz. En el centro (Zona 3) predomina tamaños entre 51 y 100 mz, y en el sur (Zona 4) predominan las mayores a 100 mz (Siles y Ramos 1999). En la figura 3 se presenta un mapa con la zonificación económica del municipio.

(1) INRA: Instituto Nicaragüense de Reforma Agraria
(2) EPS: Ejército Popular Sandinista

(3) 1ha = 1.434257 mzs
(4) DANIDA. Cooperación Danesa

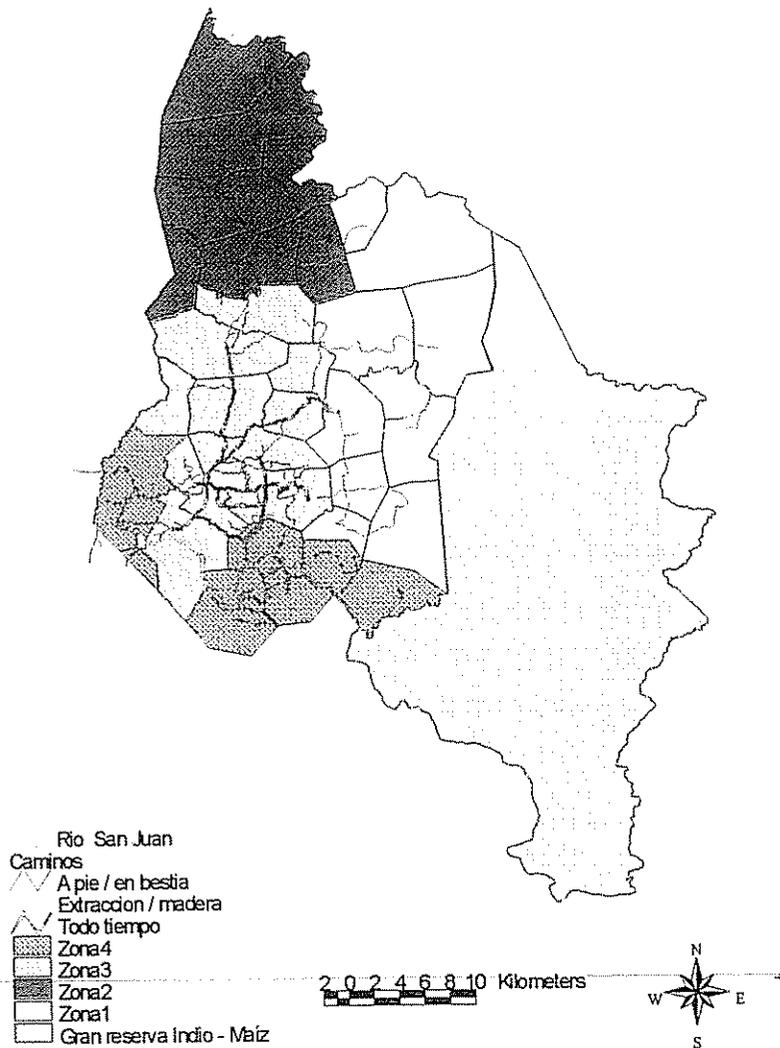


Figura 3. Zonificación Socioeconómica del Municipio El Castillo (Siles y Ramos 1999).

La situación legal de la propiedad según el estudio socioeconómico del Municipio El Castillo (Siles y Ramos 1999) es la siguiente:

Cuadro 1- Situación legal de la propiedad en el municipio El Castillo

Situación legal	% de superficie
Legal inscripto	73
Legal no inscripto	7.5
Sin título	15
Otros	4.5

Fuente: (Siles y Ramos 1999)

Por otro lado, entre 100 y 200 familias han llegado a invadir la Gran reserva Biológica Indio - Maíz a lo largo de la frontera de la reserva (Larson y Barahona 1999). Esta cifra llegó hasta 300 a principios del año 2001, pero en actualidad, según informantes claves, estas familias han sido desalojadas por el gobierno y el ejército de Nicaragua y, por lo tanto, se considera que no existen familias dentro de la reserva.

2.2.2.2. Actividades productivas

Debido al tamaño de las fincas del municipio (entre 30 y 50 mz), si bien hay conversión, no toda la superficie se dedica a uso agrícola o ganadero (Larson y Barahona 1999). Así, es muy frecuente observar en las parcelas entre Sábalo y Buena Vista (en la zona sudoeste del Municipio) una combinación de bosques, pastos y agricultura mixta, de granos básicos (maíz, frijoles, arroz) con raíces y tubérculos como yuca, malanga y quequiste.

Las ONGs en la región han intentado promover la diversificación de la producción y sistemas silvopastoriles y agroforestales sin mucho éxito hasta el momento. Sin embargo existen algunas iniciativas de combinaciones de pastizales con ciertas especies de árboles (por ejemplo el almendro). Por otro lado se está impulsando la plantación de cultivos perennes como el café y cítricos, además de la reforestación (Larson y Barahona 1999).

A pesar de los problemas de comercialización, muchos campesinos producen una variedad de rubros importantes (Cuadro 2). Se encontró que el 37 % produce para autoconsumo, el 12% para comercialización y el 51% para ambos fines (Larson y Barahona 1999).

La mayor parte de los inmigrantes son de otras regiones del país, y tienen una tradición de cultivo de granos básicos en condiciones ecológicas diferentes a las del Municipio El Castillo.

El aprovechamiento de la madera constituye una alternativa al cultivo de granos básicos y pasto, y generalmente se entiende como una actividad complementaria y no un reemplazo total a las otras. Hoy en día los campesinos aprecian más el bosque que hace pocos años, ya que lo ven como una posible fuente de ingresos (Larson y Barahona 1999).

Cuadro 2- Porcentaje de campesinos por rubro de producción

Producto	Productores (%)	Producto	Productores (%)
Granos básicos	83	Ganadería	10
Tubérculos	47	Café	9
Chaguite	36	Frutas	6
Caña	18	Reforestación	6
Pasto	18	Cacao	6
Cítricos	15	Medicina natural	3
Piña	13	Hortalizas	1
Raicilla	12	Otros	1

Fuente: Alguera *et al.* 1994, (citado por Larson y Barahona 1999)

Los bosques secundarios (*tacotales*), en su mayoría, presentan edades inferiores a los tres años. Estos *tacotales* jóvenes son conservados por los productores para obtener leña, protección de las fuentes de agua y recuperar la fertilidad de los suelos. El promedio de los *tacotales* por parcela es de 13.62 mz. La zona centro-oeste es la que presenta mayor concentración de *tacotales* en el municipio (Siles y Ramos 1999).

Existen algunos conflictos entre ONGs, que promueven un manejo a largo plazo de los bosques, y algunos madereros que ofrecen ingresos a corto plazo y aprovechamientos no sostenibles. Estos últimos, normalmente son preferidos por los campesinos dada la urgencia de sus necesidades. De todos modos, gradualmente se percibe un mayor interés y compromiso, por parte de las madereras, en implementar un buen manejo del recurso forestal que permita garantizar la sostenibilidad del recurso a perpetuidad, como así también, aportar al desarrollo socioeconómico y ambiental de las comunidades (Larson y Barahona 1999).

2.2.2.3. Aprovechamiento y manejo de los recursos forestales

De acuerdo a los aspectos legales, a las normas técnicas y a las disposiciones administrativas para el manejo de los recursos naturales, el aprovechamiento de los bosques en el municipio se realiza mediante la presentación de Planes Generales de Manejo (PGM) o Planes Operativos Anuales (POA). Los planes son aprobados por el INAFOR (Instituto Nacional Forestal).

Las empresas más importantes en el área, en cuanto a superficies y volúmenes aprovechados son "Plynic" y "SOSMadera". Además de estas existen pequeñas solicitudes de aprovechamientos por particulares.

Las principales especies aprovechadas son cedro macho (*Carapa guianensis*), coyote (*Lonchocarpus latifolius*), cebo (*Virola koschnyii*), almendro (*Dipteryx panamensis*), maria (*Calophyllum brasiliense*), rosita (*Sacoglottis trichoigyna*), fruta dorada (*Otoba novogranatensis*) y ceiba (*Ceiba pentandra*).

En Boca de Sábalos (Cabecera de El Castillo), la empresa "SOSMadera" aprovecha los bosques de la comunidad de Nueva Quezada (44km al norte de Sábalos). Esta empresa tiene un compromiso con la comunidad para trabajar de una forma sostenible, aprovechando un gran número de especies, en un bosque alejado de baja densidad. Es la única empresa que ha elaborado un Plan General de Manejo, adicionalmente a los planes operativos anuales. Y, por otro lado, está estudiando el impacto de sus operaciones del año anterior con el fin de mejorar sus operaciones (Larson y Barahona 1999).

Se han constituido varias organizaciones alrededor del manejo de bosques, pero pocas han logrado desarrollarse. Algunas organizaciones son de desmovilizados, tales como Proyectos Unidos, Sodebosa y Santa Cruz Forestal. El grupo mas organizado es el que trabaja con SOSMadera en La Quezada (al norte del Municipio). En este sitio, hace varios años, se formó la Asociación de Dueños del Bosque con 77 familias. Se realizó un plan general como si el área tuviera un solo dueño, y el área de corta anual cubre 5 a 12 propiedades (Larson y Barahona 1999).

2.2.2.4. Comercialización de productos forestales

A nivel país, las actividades primarias contribuyen con el 26.8% del PIB del país, pero solo el 0.3% corresponde al sector forestal. En el año 1996 existían en toda Nicaragua 66 aserraderos de propiedad privada con una capacidad instalada de 200000m³ de madera al año. Para ese año se indica que la capacidad utilizada fue de 121000m³, es decir un 60.5% de la capacidad instalada (MINAE Y MARENA 1997). Pero es importante aclarar que existe una importante incidencia de tala y actividades ilegales, difíciles de cuantificar.

La madera en rollo que se aprovecha en el municipio se transporta a Boca de Sábalos donde es procesada o transportada sin transformar a otras zonas. La madera que sale del municipio en forma de rollo según Travisany *et al* (1999) representa el 85% del total aprovechado. Esta madera es transportada vía fluvial hasta Granada y Tipitapa para ser procesada en la fábrica de plywood. La madera aserrada es procesada tanto en el municipio El Castillo, como en San Carlos y posteriormente es vendida en Managua, Costa Rica y El Salvador.

2.2.3. Impactos ambientales relacionados con las actividades forestales

La mayoría de los productores del municipio son conscientes del daño que produce la deforestación en su comunidad; las familias declaran que los principales efectos observados son: que los ríos y pozos se secan en verano, que hay escasez de leña, reducción de áreas de bosques (*montaña*, según la denominación local) entre otros (Siles y Ramos 1999).

Podemos clasificar, en términos generales, a los diferentes impactos potenciales de la siguiente manera:

A- derivados del aprovechamiento propiamente dicho y de los sistemas de aprovechamiento utilizados

- degradación del bosque por aprovechamiento de las especies más valiosas
- destrucción de ecosistemas
- pérdida de biodiversidad
- daños a la fauna del bosque
- daños al suelo por caminos, patios de acopio y movimiento de trozas

2.2.2.3. Aprovechamiento y manejo de los recursos forestales

De acuerdo a los aspectos legales, a las normas técnicas y a las disposiciones administrativas para el manejo de los recursos naturales, el aprovechamiento de los bosques en el municipio se realiza mediante la presentación de Planes Generales de Manejo (PGM) o Planes Operativos Anuales (POA). Los planes son aprobados por el INAFOR (Instituto Nacional Forestal).

Las empresas más importantes en el área, en cuanto a superficies y volúmenes aprovechados son "Plynic" y "SOSMadera". Además de estas existen pequeñas solicitudes de aprovechamientos por particulares.

Las principales especies aprovechadas son cedro macho (*Carapa guianensis*), coyote (*Lonchocarpus latifolius*), cebo (*Virola koschnyii*), almendro (*Dipteryx panamensis*), maría (*Calophyllum brasiliense*), rosita (*Sacoglottis trichoigyna*), fruta dorada (*Otoba novogranatensis*) y ceiba (*Ceiba pentandra*).

En Boca de Sábalos (Cabecera de El Castillo), la empresa "SOSMadera" aprovecha los bosques de la comunidad de Nueva Quezada (44km al norte de Sábalos). Esta empresa tiene un compromiso con la comunidad para trabajar de una forma sostenible, aprovechando un gran número de especies, en un bosque alejado de baja densidad. Es la única empresa que ha elaborado un Plan General de Manejo, adicionalmente a los planes operativos anuales. Y, por otro lado, está estudiando el impacto de sus operaciones del año anterior con el fin de mejorar sus operaciones (Larson y Barahona 1999).

Se han constituido varias organizaciones alrededor del manejo de bosques, pero pocas han logrado desarrollarse. Algunas organizaciones son de desmovilizados, tales como Proyectos Unidos, Sodebosa y Santa Cruz Forestal. El grupo más organizado es el que trabaja con SOSMadera en La Quezada (al norte del Municipio). En este sitio, hace varios años, se formó la Asociación de Dueños del Bosque con 77 familias. Se realizó un plan general como si el área tuviera un solo dueño, y el área de corta anual cubre 5 a 12 propiedades (Larson y Barahona 1999).

2.2.2.4. Comercialización de productos forestales

A nivel país, las actividades primarias contribuyen con el 26.8% del PIB del país, pero solo el 0.3% corresponde al sector forestal. En el año 1996 existían en toda Nicaragua 66 aserraderos de propiedad privada con una capacidad instalada de 200000m³ de madera al año. Para ese año se indica que la capacidad utilizada fue de 121000m³, es decir un 60.5% de la capacidad instalada (MINAE Y MARENA 1997). Pero es importante aclarar que existe una importante incidencia de tala y actividades ilegales, difíciles de cuantificar.

La madera en rollo que se aprovecha en el municipio se transporta a Boca de Sábalos donde es procesada o transportada sin transformar a otras zonas. La madera que sale del municipio en forma de rollo según Travisany *et al* (1999) representa el 85% del total aprovechado. Esta madera es transportada vía fluvial hasta Granada y Tipitapa para ser procesada en la fábrica de plywood. La madera aserrada es procesada tanto en el municipio El Castillo, como en San Carlos y posteriormente es vendida en Managua, Costa Rica y El Salvador.

2.2.3. Impactos ambientales relacionados con las actividades forestales

La mayoría de los productores del municipio son conscientes del daño que produce la deforestación en su comunidad; las familias declaran que los principales efectos observados son: que los ríos y pozos se secan en verano, que hay escasez de leña, reducción de áreas de bosques (*montaña*, según la denominación local) entre otros (Siles y Ramos 1999).

Podemos clasificar, en términos generales, a los diferentes impactos potenciales de la siguiente manera:

A- derivados del aprovechamiento propiamente dicho y de los sistemas de aprovechamiento utilizados

- degradación del bosque por aprovechamiento de las especies más valiosas
- destrucción de ecosistemas
- pérdida de biodiversidad
- daños a la fauna del bosque
- daños al suelo por caminos, patios de acopio y movimiento de trozas

- contaminación de cursos y depósitos de agua por sedimentación del suelo removido

Aquí es necesario aclarar que cuando el aprovechamiento forestal considera aspectos de planificación y control de actividades, estos efectos negativos se reducen a un mínimo o desaparecen. Louman *et al.* (2001) definen aprovechamiento mejorado, como aquellos bien planificados y con buen control de las operaciones. Este aprovechamiento se traduce en menores costos de operación y en menores daños ambientales. Por ejemplo, como sugieren los mismos autores, se debe tomar en cuenta la abundancia, distribución y el papel que juegan como fuentes de alimento para la fauna las especies forestales a aprovechar. Además, cuando se aprovecha un mayor número de especies, se logra disminuir la presión sobre las poblaciones de pocas especies aprovechadas en forma selectiva.

B- derivados del uso inadecuado de las tierras en función de su aptitud. Uso de tierras forestales para agricultura y ganadería

- pérdida de masas boscosas
- fragmentación de ecosistemas
- erosión de suelos
- disminución de la calidad del agua por sedimentos
- pérdida de la capacidad hidráulica de las cuencas

2.2.4. El problema de la deforestación y la fragmentación

El avance de la frontera agrícola en la zona se debe a la limitada capacidad de los sistemas de producción para sostener las necesidades de la población. Esto se explica tanto por la fragilidad de los suelos de la región, de clara vocación forestal, para sostener producciones agrícolas, por la utilización de tecnologías inadecuadas y por el incremento desmedido de la población.

La deforestación por avance de la frontera agrícola provoca la fragmentación de los ecosistemas forestales. Si la fragmentación es reciente, puede esperarse que la pérdida de especies continúe, y este proceso puede continuar por períodos relativamente largos en ausencia de manejo o intervenciones (Soulé *et al.* 1988; Saunders 1989, citado por Saunders *et al.* 1991).

En El Castillo, especialmente en la zona de amortiguamiento, existe la necesidad de realizar una planificación forestal estratégica acorde con los procesos dinámicos y complejos que se desarrollan en la región, entre los que se encuentra la deforestación por la agricultura, la compra-venta de tierras, la migración, y la extracción no controlada de los recursos naturales del territorio (MARENA 2000).

Lamentablemente, como en la mayoría de los casos, los planificadores y tomadores de decisión deben trabajar con remanentes provocados por el desarrollo de las áreas agrícolas, y difícilmente pueden planificar antes del proceso de fragmentación (Saunders *et al.* 1991). Laurance y Gascon (1997) plantean que la fragmentación creativa de paisajes, es decir, buscar estrategias para reducir los impactos ecológicos de la deforestación, es una interesante alternativa en donde la ecología del paisaje y la biología de la conservación pueden hacer una contribución importante al manejo de tierras. Este concepto es relevante para el municipio, donde la presión de las actividades agrícolas sobre los bosques, la deforestación y la degradación de los recursos naturales son, como se mencionó en la introducción, los problemas más importantes que enfrentan los planificadores y manejadores de tierras.

2.3. Criterios para la definición de áreas de manejo, protección y recuperación de ecosistemas forestales

2.3.1. Principios, Criterios e Indicadores para el manejo forestal sostenible

La preocupación global respecto a la destrucción de áreas forestales ha llevado a crear y probar un conjunto de C&I para el manejo forestal sostenible tanto por iniciativas nacionales e internacionales.

El CIFOR (Centro Internacional de Investigación Forestal) es una de las principales instituciones involucradas en el desarrollo de C&I a nivel mundial. El FSC (Consejo Forestal Mundial) es un importante organismo internacional que acredita organizaciones de certificación, y cuyo objetivo es promover el manejo sostenible de los bosques a nivel mundial, mediante el establecimiento de un estándar de Principios reconocidos y respetados.

El FSC busca ser un complemento de apoyo, y no un reemplazo, de otras iniciativas para el manejo responsable de los bosques. Por ello, los P&C del FSC deberían ser utilizados conjuntamente con las leyes y regulaciones nacionales e internacionales. El CIFOR plantea que es improbable que un conjunto de C&I puedan ser universalmente aplicables, pero se interesa en generar un conjunto de C&I que pueda ser adaptado a condiciones de sitio específicas.

Los P&C del FSC y los C&I del CIFOR pueden ser utilizados como un “marco” general, a partir del cual se definan los aspectos más relevantes para condiciones de sitios particulares.

En Centroamérica se le está dando seguimiento a los diferentes acuerdos internacionales originados a partir de la cumbre de Río en 1992, y se vienen desarrollando una serie de iniciativas conducentes a la definición de C&I para la región. Este proceso se denomina “Proceso Centroamericano de Lepaterique” y, aparte de ayudar a la formulación de C&I para la Ordenación Forestal Sostenible en la región, busca compatibilizar los diferentes C&I a nivel nacional con aquellos que se están probando a nivel internacional (FAO *et al.* 1997). A su vez, el gobierno de Nicaragua, por intermedio del INAFOR (Instituto Forestal Nacional) ha desarrollado una propuesta de P,C&I para el Manejo Forestal Sostenible en el país.

Por lo tanto, reconociendo que el Manejo Forestal Sostenible constituye el medio para lograr los objetivos de conservación y uso del bosque, y dada la importancia de los P,C&I para su monitoreo, se considera importante identificar criterios que tengan relevancia para la determinación y clasificación de áreas con importancia para el manejo, la recuperación y la protección de ecosistemas forestales según las condiciones del Río San Juan y particularmente las del Municipio El Castillo.

Un conjunto de criterios pueden ser utilizados para definir restricciones para el uso o manejo de los recursos forestales y, por lo tanto, podrán aplicarse en la definición de estrategias de planificación a diferentes niveles.

A continuación, se describen los aspectos ecológicos y ambientales considerados en los P, C & I desarrollados por FSC y CIFOR, como así también los propuestos para Centroamérica y Nicaragua, con los cuales es posible evaluar las prácticas de manejo o las intervención del hombre sobre los recursos forestales (Cuadro 3 y 4).

Cuadro 3: Aspectos ecológicos y ambientales considerados en los Principios, Criterios, e Indicadores. Se indica la escala de aplicación, al nivel local o de paisaje.

P, C & I	Local	Paisaje
Proteger en su estado natural y registrar en mapas las muestras representativas de ecosistemas dentro del paisaje (P&C del FSC, y C&I del CIFOR).		X
Proteger a las áreas ecológicamente sensibles tales como los nacimientos de agua, riberas de quebradas y ríos, las pendientes fuertes, los suelos frágiles y los sitios que sirven de refugio de la vida silvestre (C&I del CIFOR; C&I -propuesta- del INAFOR).	X	X
Establecer zonas de conservación y áreas de protección, que sean apropiadas a la escala y a la intensidad del manejo forestal, como así también según la singularidad de los recursos afectados (P&C del FSC).	X	X
Restaurar áreas degradadas y proteger reservas biológicas (C&I -propuesta del INAFOR).	X	X
Proteger a las especies raras, en riesgo (C&I del CIFOR y C&I de Centroamérica), endémicas y amenazadas (C&I de Centroamérica).	X	X
No permitir la conversión de bosques a plantaciones o la uso de tierra no forestal (C&I de Centroamérica)	X	X
Mantener el patrón del paisaje (C&I del CIFOR) en función de los siguientes parámetros:		
<ul style="list-style-type: none"> • el número de parches de cada tipo de vegetación • el tamaño de los parches más grandes de cada tipo de vegetación • el Índice de contagio, que caracteriza la agregación de la vegetación en el paisaje • la dominancia de la estructura de parches • la dimensión fractal de la forma de parche • la distancia promedio, máxima y mínima entre dos parches del mismo tipo de cobertura • el índice de percolación, que especifica la conectividad de paisaje • la cantidad de borde alrededor de los parches más grandes 		X
Minimizar la erosión y otras formas de degradación del suelo (C&I del CIFOR)	X	

Cuadro 3 (continuación): Aspectos ecológicos y ambientales considerados en los Principios, Criterios, e Indicadores. Se indica la escala de aplicación, al nivel local o de paisaje.

P, C & I	Local	Paisaje
Mantener intacto, mejorar o restaurar las funciones y valores ecológicos, regeneración y sucesión forestal, la diversidad genética, de especies y de ecosistemas, los ciclos naturales que afectan la productividad de los ecosistemas forestales (P&C del FSC).	X	X
Mantener la estructura vertical del bosque (C&I del CIFOR).	X	
Mantener dentro de la variación natural la distribución de clases de tamaño, la distribución de biomasa aérea (C&I del CIFOR).	X	
Mantener la distribución de frecuencias de fases de ciclos de regeneración del bosque (C&I del CIFOR).	X	
Minimizar la apertura del dosel en el bosque (C&I del CIFOR).	X	
La riqueza/diversidad de grupos seleccionados no muestran cambios significativos (C&I del CIFOR).	X	
Los tamaños de las poblaciones y las estructuras demográficas de especies seleccionadas no muestran cambios significativos (C&I del CIFOR).	X	X
La edad de los árboles o la estructura, no muestran cambios significativos comparado con un bosque sin intervención (C&I del CIFOR):	X	
Minimizar los impactos negativos del aprovechamiento sobre el ambiente (C&I – propuesta- del INAFOR)	X	

A su vez, los C&I de Centroamérica definen algunos aspectos en el ámbito regional, los cuales se citan con el fin de mostrar algunas variables (a modo de “índices”) que pueden definir, a una escala superior, algunos lineamientos generales para el uso y la planificación del manejo forestal.

Cuadro 4: Aspectos considerados por los C & I de Centroamérica (Proceso de Lepaterique)

C&I de Centroamérica

Superficie y porcentaje de los bosques primarios, secundarios y artificiales

Superficie total del bosque en el país con relación a la superficie terrestre total del país, a la superficie de terrenos de vocación forestal, y a la superficie de bosque dentro de áreas protegidas

Superficie de bosque bajo manejo con relación a la superficie de bosques dentro de áreas protegidas, y a la superficie de bosques fuera de áreas protegidas

Porcentaje y área de tipos de bosque en el Sistema Regional de Áreas Protegidas

Porcentaje y superficie de los tipos de bosque en las diferentes categorías de manejo de las áreas protegidas

Superficie y longitud de áreas del Corredor Biológico

Superficie y longitud de áreas de los corredores biológicos en los diferentes ecosistemas forestales

Superficie y porcentaje de áreas degradadas recuperadas mediante actividades

Número y superficie de áreas protegidas bajo planes de manejo, planes operativos y/o planes de vigilancia aplicados.

Número, superficie y porcentaje de cuencas hidrográficas aplicando su plan de manejo.

Área y porcentaje de bosques manejados con fines de:

- Recreación y turismo con relación al territorio nacional.
- Protección de cuencas hidrográficas.
- Conservación de suelos y agua

Estimación de biomasa en ecosistemas forestales en función del secuestro y almacenamiento de carbono

Estimación de poblaciones de especies faunísticas dependientes de hábitat boscoso

6.3.2 Normas técnicas para el aprovechamiento forestal en Nicaragua (INAFOR 2001)

Estas normas tienen como finalidad (1) armonizar la sostenibilidad de la producción forestal con la conservación del ambiente y los recursos naturales; (2) regular y orientar las actividades forestales con miras al manejo permanente y sostenible de los bosques de Nicaragua, en el marco del Plan de Acción Forestal (PAF-Nic); (3) promover las actividades de repoblación forestal, normar el manejo del recurso forestal en el territorio nacional, proteger y conservar los existentes con función de protección de suelos y agua; y (4) normar la actividad de aprovechamiento y transformación forestal, en el territorio nacional.

Se analizan los aspectos ecológicos y ambientales que se consideran en estas normas, con los cuales se reglamentan las prácticas de manejo y la intervención del hombre sobre los recursos forestales en Nicaragua. En el anexo 1 se presenta una lista con los principales puntos considerados en las normas.

Las normas impulsan la recuperación de áreas de vocación forestal que han sido deforestadas en el pasado. Por lo tanto, se promueve la incorporación de estas áreas en los planes de manejo con el fin de incorporar dichas áreas al manejo forestal.

Se imponen limitaciones o restricciones ambientales para el manejo forestal. Entre las más importantes se encuentran: limitar el aprovechamiento forestal a pendientes inferiores a 60%. Se solicitan permisos especiales para realizar aprovechamiento en suelos con pendientes entre el 30 y el 60%. Estos aprovechamientos no deben utilizar maquinaria pesada y deben realizarse inspecciones técnicas para controlar los daños a los ecosistemas. También se considera la protección de los nacimientos de agua, las quebradas y ríos, los suelos frágiles y los sitios importantes como refugio de vida silvestre.

Además, se incluye en el registro de los planes de manejo la consulta sobre la categoría que presentan las áreas forestales de los productores. Así, por ejemplo, los propietarios deben consultar si las áreas de sus bosques, o parte de estas, son de interés público o están clasificadas como áreas de protección, etc.

6.3.3 Recomendación de la literatura para el manejo y la conservación a escala de paisaje

Se describe un conjunto de recomendaciones, que permiten la aplicación de los principios de la ecología del paisaje en la planificación del manejo y conservación a escala del paisaje (Cuadro 5).

Cuadro 5: Recomendaciones de la literatura para la aplicación de ecología del paisaje en el manejo forestal

Recomendación	Implicancias
Mantener parches de tamaño grande (Forman 1995; Farina 1999; Noss 1983; Laurence y Bierregaard 1997)	<ul style="list-style-type: none"> - mayor riqueza de especies - menor tasa de extinción - mayor cantidad de hábitat interno (menos efecto de borde)
Mantener áreas continuas (Forman 1995; Farina 1999; Noss 1983, Laurence y Bierregaard 1997)	<ul style="list-style-type: none"> - mayor cantidad de hábitat interno (menos efecto de borde) - mayor número de especies de interior (que dos o más áreas pequeñas)
Mantener corredores y conectividad (Saunders et al. 1991; Laurance y Gascon 1997; Noss 1983; Forman 1995; Farina 1999)	<ul style="list-style-type: none"> - parches más cercanos tienen la capacidad de soportar mayor cantidad de especies que parches distanciados - a conectividad permite la supervivencia de muchas poblaciones animales y vegetales
Mantener parches de forma circular (Forman 1995, Laurence y Bierregaard 1997)	<ul style="list-style-type: none"> - un área circular es mejor que un área alargada por tener mayor porción de hábitat interior y menor efecto de borde
Mantener tipos raros de vegetación (Noss 1983)	<ul style="list-style-type: none"> - mayor diversidad biológica

2.4. Los Sistemas de Información Geográfica para el manejo, análisis de la información y toma de decisiones.

2.4.1. Consideraciones generales

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son un conjunto de herramientas y metodologías basadas en el uso de computadoras, que actúan en forma lógica, coordinada y sistemática para almacenar, desplegar, consultar, analizar y modelar datos espaciales, con la capacidad de generar información base para la toma de decisiones.

El SIG normalmente se utiliza para la identificación de áreas que satisfacen determinado criterio de búsqueda (Naesset 1997). En general, se puede decir que el SIG permite (1) involucrar una gran cantidad de variables y relacionarlas entre sí, (2) conocer anticipadamente el resultado de combinar variables geográficas en distintos escenarios para escoger la mejor alternativa y (3) mantener la información actualizada para medir cambios y evolución de un fenómeno.

En la actualidad, esta tecnología posibilita mejorar la habilidad de los usuarios en el proceso de toma de decisiones en investigación, planificación y manejo sostenible de los recursos naturales (Heiner 2000). Según Naesset (1997), puede ser considerado un puente entre las bases de datos de los recursos naturales y el manejo. Con el desarrollo de los SIG, los planificadores y tomadores de decisión para el manejo de los recursos naturales pueden disponer, en forma creciente, de sistemas de información en los cuales los datos pueden ser más fácilmente accesibles, combinados y, al mismo tiempo, modificados con mayor flexibilidad con el objeto de responder a las necesidades para la toma de decisiones (Eastman *et al.* 1995).

Puede ser utilizado para trabajar a diferentes niveles, por ejemplo a escala de paisaje, podría usarse para identificar bosques que deberían manejarse o protegerse para conservar la biodiversidad. A menor escala, puede utilizarse, por ejemplo para estudiar la dinámica de "gap" de determinadas áreas de bosques primarios (Naesset 1997).

2.4.2. El SIG en El Castillo

El Proyecto de Manejo Sostenible (PMS) en la Zona de Amortiguamiento del Municipio El Castillo se propone generar información para apoyar la toma de decisiones y la definición de estrategias

para enfrentar los múltiples problemas que se presentan en la zona, tales como el avance de la frontera agrícola hacia la Gran Reserva Indio - Maíz (Heiner 2000).

La unidad SIG/GPS, es una dependencia del SI-A-PAZ/MARENA dentro del PMS, y está dividida en dos componentes: (1) GPS, que se encarga de levantar la información de campo, hacer las correcciones y llevar la información a formatos compatibles con programas de SIG (PC Arc Info o Shapefile Arcview), y (2) SIG, que efectúa el procesamiento y análisis de la información según el tipo de uso que se hará de esta. Permite sobreponer información entre diferentes coberturas, imágenes de satélite, mapas escaneados y/o digitalizados, como así también de información descriptiva (Heiner 2000).

Los *software* con los que cuenta la unidad de SIG/GPS son:

- Arcinfo, versión 3.5
- Arcview, versión 3.2
- Erdas, versión 8.2
- Pathfinder office, versión 1
- QuickPlan, versión 1.20

El objetivo principal de esta unidad es el de generar información que ayude a la planificación del ordenamiento ambiental del territorio y la formulación de una estrategia de desarrollo sostenible para el área de influencia del Proyecto (Heiner 2000).

El Ministerio de Recursos Naturales (MARENA) es el organismo responsable de la protección ambiental, y de contrarrestar los problemas que se visualizan como los más importantes en el área, es decir, la deforestación en la Zona de Amortiguamiento y la invasión de la Gran Reserva.

Se utilizan imágenes de satélite LANDSAT TM, los cuales se combinan con datos SIG para realizar análisis de evaluación y monitoreo. Esto permite realizar análisis utilizando una gran cantidad de conjuntos de datos espaciales, y permite enfrentar con mayor capacidad los complejos problemas ambientales de la región (Heiner 2000).

Por otro lado, según Heiner (2000), la unidad SIG busca contribuir con las actividades de desarrollo económico y ordenamiento territorial que impulsa la Alcaldía de El Castillo. En el futuro pretende recoger e interpretar información biológica y socioeconómica, producir mapas de áreas críticas, actividades económicas, infraestructura, tenencia de la tierra, asentamientos humanos, etc.

3. METODOLOGÍA

3.1. Descripción del área de estudio:

El Municipio El Castillo, pertenece al departamento del Río San Juan y su cabecera municipal es Boca de Sábalos. Está ubicado entre las coordenadas 11° 02' latitud norte y 85° 28' longitud oeste y su extensión total es de 1660 km². La superficie de la zona de amortiguamiento de la Gran reserva Indio-Maíz dentro del municipio alcanza las 970 km² (Figura 4). La precipitación promedio oscila entre 2800 y 4000 mm, y la temperatura media es de 25°C (Siles y Ramos 1999).

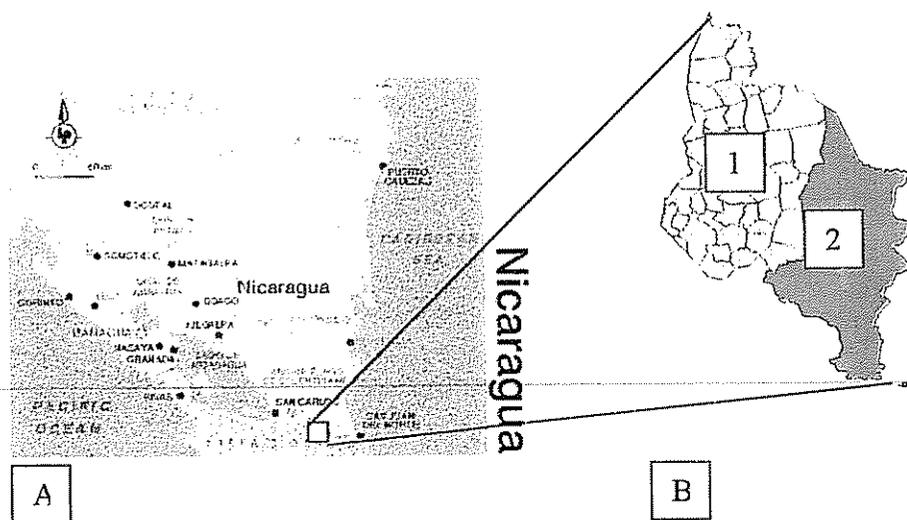


Figura 4. Localización del área de estudio A- Ubicación del Municipio El Castillo en Nicaragua B- Área del Municipio. 1- Zona de Amortiguamiento de la Gran Reserva Biológica Indio- Maíz; 2- Gran Reserva Biológica Indio- Maíz

La zona de amortiguamiento de la Gran Reserva Biológica Indio – Maíz presenta una importante red hidrográfica, con 457 km longitudinales de ríos y cuatro sub-cuencas. Las tierras son planas o ligeramente onduladas. Un 44% de las tierras poseen pendientes entre 0 y 15%, un 23% esta entre 15% a 30%, 28% de las tierras son escarpadas, con pendientes entre 30% y 50%, y 5% son muy escarpadas con pendientes superiores a 50% (Larson y Barahona 1999)

3.2. Determinación de tipos de bosque

3.2.1. Muestreo

Para determinar el marco muestral fue utilizado el mapa de clasificación de vegetación de 1997 para el Municipio El Castillo, basado en el análisis de imágenes de satélites. En áreas sin información, por cobertura de nubes en las imágenes u otras causas, fue utilizada la clasificación de 1992. Estas clasificaciones fueron las más recientes para la zona de interés. Para manipular esta información, determinar las áreas con cobertura de bosques y elaborar los mapas para llevar al campo fue empleado el software Arcview.

El ArcView trabaja con archivos que contienen información espacial denominados shapefile (*.shp) asociados con archivos de bases de datos (*.dbf). Mediante diferentes funciones de este programa pueden realizarse una gran cantidad de análisis espaciales en forma más o menos sencilla.

Fue diseñado un muestreo estratificado según ciertas variables ambientales o biofísicas. Estas variables fueron seleccionadas en función de su relevancia para explicar la distribución de las especies vegetales según el conocimiento científico y empírico. Utilizando la información disponible y empleando Arcview para procesar la misma, las áreas con bosques fueron clasificadas en tres (3) estratos según el tipo de suelo, drenaje y topografía (Información disponible en mapas de la Unidad de SIG del Proyecto de Manejo Sostenible del municipio El Castillo).

Estrato 1: suelos profundos (mas de 90 cm), bien drenados, PH \cong 5, altitud entre 50 y 250 msnm y una pendiente entre 5 y 15 %.

Estrato 2: suelos poco profundos (menos de 50 cm), bien drenados, PH \cong 6, altitud >250msnm y una pendiente > 15 %.

Estrato 3: suelos profundos (mas de 90 cm), mal drenados, PH \cong 5.5, altitud <50msnm y una pendiente <5 %.

Estos estratos cubren la totalidad del municipio (Anexo 2).

Con la estratificación se pretendió aumentar la eficiencia del muestreo en relación a la composición específica entre tipos de bosques, como así también relacionar la composición con dichas variables ambientales.

Para definir al azar la ubicación de las parcelas dentro de los estratos fue empleado el Arc View, donde fueron distribuidos 15 puntos por estrato (total 45 parcelas). Fueron preparados mapas con dichos puntos, es decir, con la ubicación de las parcelas, y sus coordenadas fueron grabadas en un GPS Garmin II. Mediante la función *Go to* del GPS los puntos pudieron ser localizados con cierta facilidad en el campo.

Fueron instaladas un total de 45 parcelas de 50m x 50m (0.25ha), de las cuales 16 fueron asignadas a los estratos 1 y 3, y 13 al estrato 2 (Anexo 2). En cinco casos se debió desplazar la parcela pues no se encontraba bosque, posiblemente por el cambio de uso, dada la diferencia temporal entre las imágenes empleadas y el muestreo, y dadas las altas tasas de cambio de uso en la zona.

Fueron medidos los árboles ≥ 30 cm DAP y las palmas ≥ 10 cm DAP. Las variables consideradas fueron: especie, y DAP (diámetro a la altura del pecho). Se registró el nombre común de las especies dado por un reconocido local (Margarito Tenorio). Posteriormente se asignaron los nombres científicos haciendo un muestreo en las parcelas permanentes de la UCA (Universidad Centroamericana) de Nicaragua en La Lupe, Comunidad de Km 20 con el mismo reconocido y trabajando con árboles previamente identificados científicamente.

Fueron registrados la pendiente, exposición y drenaje en cada parcela, como así también datos complementarios como regeneración, intervención, incendios, nombre del propietario, y hora de inicio y fin de las mediciones.

3.2.2. Análisis de los datos

3.2.2.1- Caracterización general de los bosques en la zona de estudio

Fueron elaboradas tablas con el índice de valor de importancia (IVI) propuesto por Curtis y McIntosh (1950), para cada especie y cada una de las parcelas. Este índice considera la abundancia relativa (número de individuos de la especie "a" dividido por el número total de individuos x 100), la

frecuencia relativa (número de parcelas donde aparece la especie "a" dividido el número total de parcelas, a su vez dividido por la suma de frecuencias absolutas de todas las especies x 100) y la dominancia (suma de áreas basales de los individuos de la especie "a" dividido la suma de áreas basales de todos los individuos x 100).

3.2.2.2- Análisis multivariados

Estos análisis fueron planteados con el fin de determinar las diferencias entre tipos de bosques según su composición específica. Se realizó un análisis de ordenación mediante la técnica de correspondencia (DECORANA), y un análisis de conglomerados que incluyó un dendrograma para determinar el número de tipos de bosques.

Las técnicas de ordenación y la clasificación, organizan los datos de las comunidades con base en la abundancia de las especies exclusivamente, aparte de los datos ambientales, dejando la interpretación de la relación composición-ambiente para pasos posteriores (Gauch, 1982).

3.2.2.2.1 Análisis de correspondencia

Fue construida una tabla o matriz primaria (Cuadro 6) la cual presenta los valores de IVI de las especies para cada una de las parcelas. A partir de esta matriz se busca resumir y ordenar los datos en un diagrama de ordenación que permita agrupar parcelas de composición similar. Por lo tanto, las parcelas agrupadas, según criterios subjetivos, constituyen los diferentes tipos de bosques.

Para la realización de este análisis, fueron incluidas únicamente las especies presentes en dos o más parcelas (78). Fue utilizado el software MVSP Plus Ver. 2.1. (Kovach, 1994) para realizar el análisis denominado DECORANA (Detrended correspondence analysis, o DCA).

Cuadro 6: Ejemplo de una matriz primaria de datos de especies por parcelas. En el cuerpo de la tabla se presentan los valores de IVI

Especies	Parcelas		
	1	2	3
A	0	6.6	0
B	11.7	10.7	0
C	0	0	6.4

Como resultado de la ordenación se obtuvo un arreglo de muestras y especies en un espacio de dos dimensiones en el cual las entidades (parcelas y especies) similares se ubican próximas y las entidades diferentes se ubican distantes (Gauch 1982, Jongman 1995).

Todas las parcelas fueron graficadas sobre dos ejes de ordenación (eje 1 y eje 2). También fueron graficadas sobre los mismos ejes las especies que presentaron el mayor valor de IVI. Los puntos que corresponden a parcelas y especies en dicho gráfico se distribuyen a lo largo de ejes de variación continua, aspecto que se relaciona con la "teoría del continuum". Esta teoría establece que los cambios de la vegetación ocurren en forma gradual y los límites entre comunidades se definen en forma arbitraria (Meteucci y Colma 1982).

Una vez graficados los puntos fueron determinadas las relaciones entre las parcelas y las especies más importantes y, previa interpretación, fueron fijados los límites entre los diferentes tipos de bosques según la composición.

3.2.2.2.2 Análisis de conglomerados

La matriz primaria de datos, utilizada en el análisis previo, fue transformada en una matriz secundaria de distancias (Cuadro 7). Esta, es una matriz simétrica en la que se presentan las distancias euclidianas cuadráticas (DEC) entre parcelas. La fórmula para el cálculo es la siguiente:

$$DEC_{ij} = \sum (x_{ik} - x_{jk})^2$$

En la fórmula, i y j representan dos columnas de la matriz primaria, y k representa las filas. Por lo tanto el x_{ij} , representa un dato en la fila k de la columna i . Para obtener la distancia entre dos muestras, se debe calcular la suma total de las diferencias de las k filas para las columnas i y j . Repitiendo este procedimiento, se calcula la matriz de distancias entre muestras.

Esta matriz se utilizó para agrupar dichas parcelas según la estrategia de variancia mínima (Greig-Smith, 1983) utilizando el software MVSP Plus Ver. 2.1. (Kovach 1994). A partir de esto se generó el dendrograma donde se agrupan las parcelas según su similitud en composición específica.

Cuadro 7: Ejemplo de una matriz de distancias entre parcelas. En el cuerpo de la tabla se presentan los valores de distancias euclidianas cuadráticas.

Parcelas	Parcelas		
	1	2	3
1	0	44	190
2	44	0	170
3	190	170	0

3.2.2.3 Comparación entre tipos de bosques

Sobre la base de los grupos determinados en los análisis multivariados fue realizada la comparación y caracterización de los tipos de bosques. Así, fueron determinados cuatro grupos, los cuales representan diferentes tipos de bosques. Para cada tipo de bosque fueron calculados los parámetros estructurales densidad (ind/ha), y área basal (m²/ha), para palmas y árboles independientemente, como así también la distribución del número de árboles y del área basal por clase diamétrica.

La información existente de POAS y PGM se toma en consideración además de los análisis realizados con base en el muestreo. De todos modos no son utilizados con el sentido de evaluar los datos del muestreo, sino mas bien, como información complementaria al mismo. Es complicado utilizar los POAS para estudiar la composición de los bosques ya que, por lo general, no solo se miden los árboles de las especies de interés comercial, sino que muchas veces también se miden únicamente aquellos individuos de buena forma. Por eso se pueden provocar distorsiones en la información.

3.3. Análisis del paisaje.

3.3.1 Determinación de los tipos de cobertura vegetal en el área de estudio

En forma simultanea con el presente trabajo, fue elaborado por personal de la Unidad de SIG del Proyecto de Manejo Sostenible (PMS) un mapa de cobertura de vegetación del municipio basado en el análisis de imágenes de satélite del año 2000. Fueron clasificados los siguientes tipos de cobertura vegetal en la zona (Cuadro 8): Bosques densos (BD), Bosques ralos (BR), Vegetación secundaria (VS), Pastizales (P), Áreas agrícolas (AA) y Plantación de Palma africana (PA).

Cuadro 8: Tipos de cobertura vegetal y superficies en el Municipio El Castillo, año 2000.

Tipo de vegetación	Características	Superficie (ha)
Bosque denso	Cobertura superior al 70 % y pueden ser bosques altos o bajos.	27936
Bosque ralo	Cobertura entre el 30 y el 70 %, y pueden ser bosques altos o bajos.	30011
Vegetación secundaria	Vegetación secundaria en diferentes estados de desarrollo	17018
Pastizales	Pasturas con baja cobertura arbórea	14385
Agrícola	Plantaciones de arroz, maíz, frijoles, áreas quemadas, etc.	3923
Palma africana	Cultivo de Palma africana	2466
Agua	Ríos y cuerpos de agua	1258
TOTAL		96997 ha

Con el objetivo de evaluar la clasificación de la vegetación en dicho mapa fueron tomados cerca de 500 puntos con GPS a lo largo del recorrido a pié en el muestreo de campo, donde se registraron los cambios del tipo de vegetación (ver mapa en el Anexo 4). Estos puntos fueron acompañados con el croquis correspondiente. Además fueron tomados puntos complementarios de cruce de caminos y trochas, ríos, divisorias de agua, crestas, etc.

Conjuntamente con el personal de la Unidad de SIG del PMS se trabajó en la evaluación de la clasificación del mapa de vegetación con el fin de valorar la asignación de las clases o tipos de vegetación. (Figura 5). Para ello, fueron seleccionados al azar 20 puntos por clase de vegetación y fueron superpuestos a la imagen con el objeto de realizar la comparación entre la información de la clasificación de la imagen y la del campo.

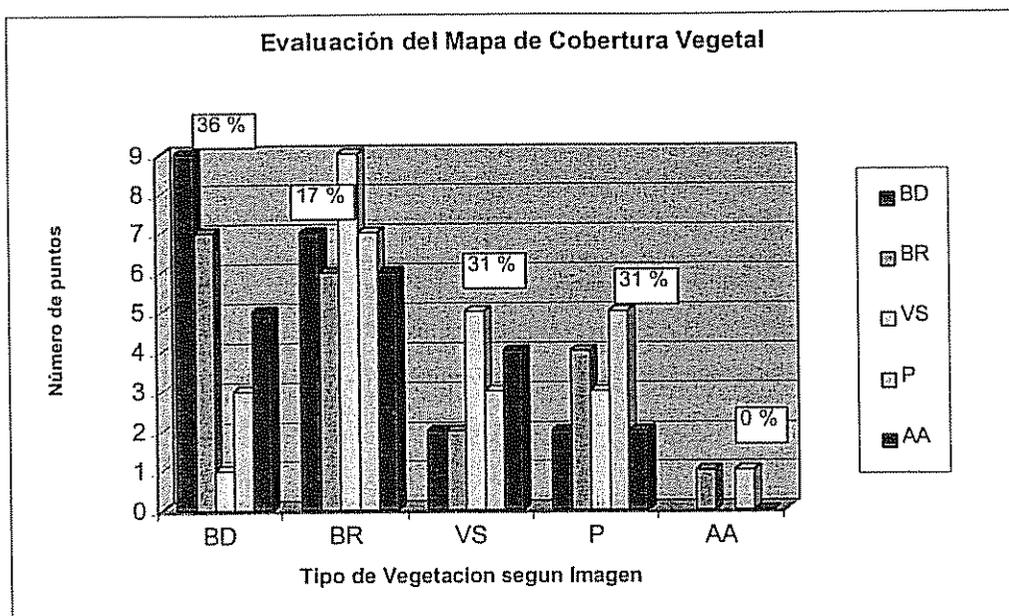


Figura 5: Evaluación de la imagen 2000 BD: Bosque denso, BR: Bosque ralo, VS: Vegetación secundaria, P: Pastizal, AA: Área agrícola. Los porcentajes representan las coincidencias entre las áreas de la imagen y los puntos de campo.

Como es posible observar en la Figura 5, no existe un alto porcentaje de coincidencia entre las áreas clasificadas mediante el análisis de imágenes de satélite con los puntos tomados en el campo. Algunas de las causas que explican esta situación son las siguientes:

- diferencia de tiempo entre la clasificación de las imágenes y la toma de datos del campo
- fragmentación y presencia de parches muy pequeños que se combinan en áreas pequeñas, pudiendo distorsionar la interpretación
- presencia de cobertura de vegetación combinada, tales como pastos con árboles dispersos, tacotales con parches de pequeñas áreas quemadas, etc.

Si bien los porcentajes de coincidencia son bajos, con base en este análisis se rescatan algunos aspectos importantes para los fines del presente trabajo: la clasificación de imágenes para el tipo “Bosque denso” es útil para caracterizar la cobertura de bosque primarios, pues entre bosques densos y ralos en conjunto suman casi un 65%. Por otro lado, si bien hay un importante proporción de áreas agrícolas (20%), se sugiere que estos corresponderían a áreas quemadas posteriormente a la obtención de estas imágenes, dado que la diferencia entre la imagen y los datos de campo es de más de un año.

Por lo tanto, fue considerado lo clasificado como “bosque denso” en el mapa de vegetación 2000, como el área de cobertura actual de bosques primarios, sabiendo que sin llegar a ser exacta, explica en buena medida la cobertura de bosques. Esta clase fue utilizada para realizar el mapeo de los tipos de bosque primarios según composición.

En cambio, las áreas clasificadas como bosque ralo son imprecisas, y se puede observar al compararse las áreas de clasificación con los puntos del campo. Esta clase presenta puntos de todos los tipos de vegetación y la mayor proporción corresponde a tacotal (bosque secundario). Lo clasificado como tacotal tampoco es muy preciso, sin embargo existe una tendencia positiva mucho mas acentuada. Por lo tanto, se consideró a lo clasificado “bosque ralo” y “tacotal” como bosque secundario para los análisis realizados en el presente trabajo

El resto de las áreas se tomarán según lo definido por el análisis de las imágenes pues no serán objeto de análisis posteriores, sino que serán consideradas como “otras áreas”. Pero estas podrían ser, dependiendo del tipo de análisis, y según ubicación o características propias, incluidas como áreas de recuperación. En este caso se encuentran, por ejemplo, aquellas áreas en las márgenes de los ríos clasificadas actualmente como “otras áreas”.

3.3.2 Mapeo de los tipos de bosque encontrados

Basándose en la definición de áreas con cobertura de bosque primario resultantes del análisis previo (Acápite 3.3.1.), fue realizado el mapeo de los tipos de bosque en el área de estudio. Sobre estas áreas se distribuyeron los tipos de bosque según composición resultantes de los análisis multivariados (Acápite 3.2.2.2.). Para ello fue empleado el software ArcView, con el cual se realizaron las coberturas y las bases de datos para cada tipo de bosque.

La delimitación de los tipos de bosques resultó, por lo tanto, de la intersección de las coberturas o *Themes* de “superficie de bosque primario” con aquella de “tipos de bosques por composición”. De esta forma fue asignado un tipo de bosque (relacionado con los suelos) al área que presentó bosques primarios.

3.3.3 Descripción del paisaje y caracterización de los fragmentos de bosque

Fueron utilizadas algunas medidas e índices para caracterizar la estructura del paisaje y la fragmentación de los bosques. Fueron calculadas para los diferentes tipos de bosques los siguientes parámetros: Áreas, tamaño de parches, número de parches y áreas por categoría de tamaño, forma de parches, efecto de borde y área interior.

Las tablas (archivos *.dbf) de ArcView correspondientes al mapa de “tipos de bosque según composición” fueron exportadas a Excel, donde se realizaron los siguientes cálculos: Área total (ha) de cada tipo de bosque; porcentaje del total; número de parches por tipo de bosque, tamaño medio, mediano, mínimo y máximo de parche (ha) y desvío estándar de los mismos.

La importancia para conservación fue caracterizada según las clases de tamaño de parches. Las categorías de tamaño de parches utilizadas fueron: mayores a 300 ha, entre 3 y 300ha, y menores a 3 ha. (Laurence et al. 1997). Así, estos autores asignan a las áreas grandes (> 300 ha) un alto valor para la conservación, las medianas (entre 3 y 300 ha) un valor medio y las pequeñas (< 3ha) un valor bajo. Estos límites pueden verse como subjetivos, y en parte es así porque depende mucho de los ecosistemas considerados y del tipo de interacción que se presenta en el paisaje. De todos modos, este debe considerarse como un punto de partida.

Fue considerado un borde de 100 metros en los parches, donde las condiciones biofísicas y biológicas de los ecosistemas difieren de las áreas de interior (Laurence et al. 1997). Con base en un borde de 100 metros fue calculado: área de hábitat interior y área de borde, y el número de parches con áreas interiores. El efecto de borde fue cuantificado para todos los parches y para cada tipo de bosque. En las figuras 6 y 7 se puede observar la importancia del efecto de borde sobre los diferentes tamaños de parches. Así, por ejemplo, en la figura 5 el parche 1 (85 ha) presenta dos tercios de su superficie como hábitat interior. El parche 2 (55 ha) presenta aproximadamente la misma superficie de hábitat interior y de borde. En el parche 3 (10 ha) el área de borde es mayor al de hábitat interior, y el parche 4 (5 ha) no presenta área de hábitat interior.

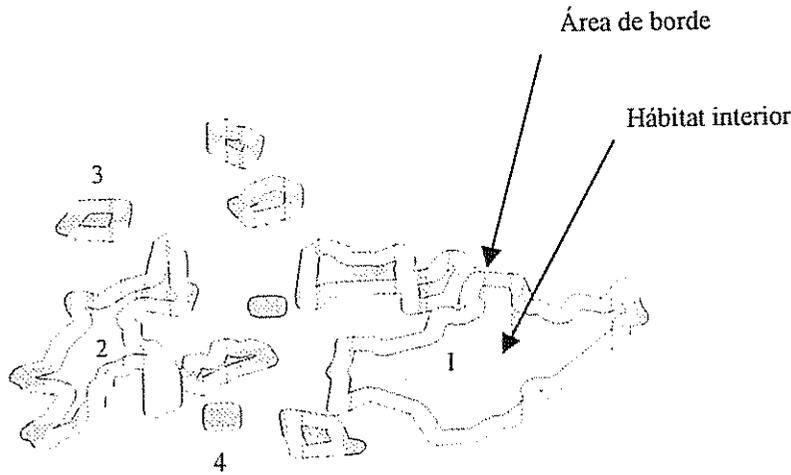


Figura 6: Representación de los efectos de borde para diferentes tamaños de parches.

La forma de los parches fue calcula mediante el empleo de la siguiente formula (Forman 1995):
 $F = P / (2\pi * \sqrt{A / \sqrt{\pi}})$, donde F= índice de forma, P= perímetro del parche y A= área del parche.

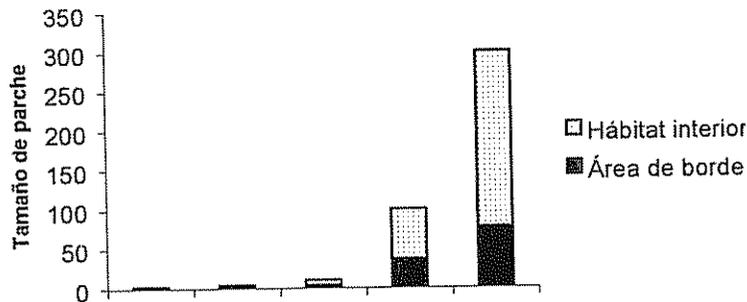


Figura 7: Ejemplo de la relación entre el tamaño de parche y los efectos de borde. Los parches considerados para realizar este ejemplo son de forma circular o mas o menos circular.

Los parches circulares tienen un índice de forma igual a 1. Cuando la forma se hace más irregular los valores del índice aumentan. Así, en la figura 5, el parche 1 tiene un $F = 1.93$, y el parche 2 tiene un $F = 2.55$. También se puede observar la relación entre la forma y el efecto de borde. En los parches de forma

circular el efecto de borde afecta proporcionalmente menos superficie que en parches de forma más irregulares. Por ejemplo, el parche 2 de la figura 5 presenta mayor efecto de borde que el parche 1.

Para caracterizar los niveles de fragmentación y la continuidad de los tipos de bosque fue utilizado el índice de continuidad. Según Vogelmann (1995) valores altos del índice corresponde a bosques de buena continuidad, y valores bajos a bosques fragmentados. Este índice, está en función de la relación entre el área y el perímetro de bosque total. Es la suma total de las áreas de los parches de bosque, dividida por la suma total del perímetro de dichos parches. Luego se calcula el logaritmo natural de esta relación que, según Vogelmann (1995) ayuda a linearizar la función y a proveer mejores estimaciones de los niveles de fragmentación de los bosques.

3.4. Determinación de unidades ambientales

Fue realizada la revisión, análisis y selección de información geográfica existente con el fin de realizar la delimitación de unidades relevantes para definir restricciones para el manejo forestal. Fueron escogidas pocas y relevantes variables con el fin de realizar un análisis relativamente simple, pero robusto. Los factores ambientales considerados fueron las clases de pendientes y las clases de proximidad a cursos de agua. La definición de límites sobre estos factores, como será planteado mas adelante (Acápito 3.6.) determina el tipo de restricción para el uso de los recursos forestales.

Las coberturas de pendientes y red hidrográfica existentes en la Unidad de SIG del PMS fueron reclasificadas con el fin de ser utilizadas en los análisis del presente trabajo. Las pendientes fueron clasificadas en las siguientes clases: 1) 0 a 15%; 2) 15- 30% y 3) >30%. Los ríos considerados para los análisis fueron aquellos clasificados como principales más algunos secundarios que, según consultas con personal con extensa experiencia en el área, presentan caudales suficientes como para navegar y transportar mercancías. La cobertura de proximidad a ríos fue clasificada en dos clases: 1) < 200 metros y 2) > 200 metros, ya que esa es la distancia "buffer" considerada legalmente para protección y, por lo tanto, fijar restricciones en las intervenciones forestales.

Las restricciones para el manejo forestal serán determinadas por la combinación de estos factores. La aplicación de límites sobre las unidades ambientales determinarán las áreas para protección, recuperación y manejo forestal.

3.5. Determinación de unidades socioeconómicas

Las "unidades socioeconómicas" determinarán (Acápito 3.6.) la prioridad para la intervención del manejo, recuperación o protección de los bosques. Esta prioridad esta dada por la "presión" sobre los bosques.

Fue utilizada la siguiente información: 1) zonificación realizada en el estudio socioeconómico del municipio El Castillo del año 1999; 2) mapas digitales de caminos y ríos realizados por la Unidad de SIG del PMS, 3) patios madereros levantados por personal de Marena y digitalizados en la Unidad de SIG, 4) los POAs y PGM recolectados, sistematizados y digitalizados para los fines del presente trabajo.

La superposición de estas coberturas con el ArcView definió las diferentes unidades socioeconómicas.

3.6. Determinación de zonas críticas para el manejo, la protección y la recuperación de bosques: 1- Nivel de Planificación Local, 2- Nivel de Planificación de Paisaje.

El fundamento de realizar una zonificación que permita determinar las áreas críticas para el manejo, la protección y la recuperación de ecosistemas forestales, se basa en la necesidad de generar y aplicar criterios objetivos que permitan tomar decisiones en el ámbito municipal con el fin de promover el manejo y la conservación de los bosques en el área, a través de una visión integral y de largo plazo.

En este trabajo no se persiguió realizar la comparación de dos "niveles de detalle" o "precisión" sino, mas bien, analizar la existencia de aspectos que pueden ser considerados a cada "nivel de planificación". Al "nivel local" se pueden determinar, lógicamente, con mayor precisión (o detalle) un conjunto de variables o características, pero aquí no interesa ese aspecto. Por lo tanto, las variables utilizadas tendrán el mismo valor de "detalle" para ambos niveles de planificación estudiados. Por ejemplo, cuando se utilice la distancia a los ríos o los límites de pendientes, estos tendrán el mismo "nivel de detalle", así para los ríos se fijarán límites da los 200 metros y para las pendientes 30%.

Se buscó rescatar algunos aspectos de la "planificación al nivel de paisaje" que no pueden ser considerarse en una "planificación al nivel local". Si bien, se sabe que al nivel local se podría trabajar con

otro nivel de detalle e incluso con otras variables (mas relacionadas con características estructurales y dinámica de rodales), se considera que estas pueden ser incluidas una vez establecido el marco general a nivel del paisaje, siendo consistente con las consideraciones planteadas anteriormente (Acápite 2.1.1).

Definición de las categorías a determinar:

Áreas de manejo forestal: áreas de bosques que presenten características apropiadas para el aprovechamiento económico de los recursos forestales y no se presenten en áreas “ambientalmente frágiles”.

Áreas de protección: zonas de bosques en “ambientes frágiles” y que, por lo tanto, es conveniente no intervenir o hacerlo bajo condiciones de manejo de estricto control y mediante aprovechamiento de bajo impacto.

Áreas de recuperación: áreas que por sus condiciones ambientales o por su situación en la configuración del paisaje sean importantes para recuperar la cobertura forestal.

Fue creada una regla de decisión, con un conjunto de criterios, que permitieron tomar la decisión sobre cuáles áreas asignar a cada categoría de uso. Si bien los criterios pueden ser factores o restricciones (Eastman, 1995), aquí solo fueron consideradas las restricciones con el objetivo de definir las áreas críticas.

Los criterios que se utilizaron para la definición de restricciones ambientales para el manejo se basan en los P, C & I, como las "Normas Técnicas" para el aprovechamiento forestal en Nicaragua, que sean aplicables a una escala local, por un lado, y a escala de paisaje, por el otro (Acápite 2.3.1 y 2.3.1). En este último caso, también fueron incorporadas las recomendaciones de la literatura para el manejo y la conservación a escala de paisaje (Acápite 2.3.3).

3.6.1. Nivel de planificación local

En este nivel de planificación, las áreas de manejo fueron definidas por “defecto”, es decir que fueron las áreas de bosques que no tuvieron restricciones ambientales para tal fin. Por lo tanto, fue considerada toda la superficie de bosques primarios y secundarios, sobre la cual se aplicó el conjunto de

restricciones ambientales para el manejo. Las áreas de recuperación se relacionan con sitios ambientales “frágiles” donde actualmente no hay cobertura forestal.

Los criterios aplicados para la zonificación fueron los siguientes:

- 1- Áreas de manejo: superficie de bosque primario o secundario que estén a $>$ de 200 metros de los ríos y/o no se presenten en pendientes de $> 30 \%$.
- 2- Áreas de protección: áreas a < 200 metros de los ríos, y/o en pendientes $>30 \%$ que actualmente presentan bosques primarios o secundarios.
- 3- Áreas de recuperación: áreas a < 200 metros de los ríos, y/o en pendientes $>30 \%$ que actualmente no presentan bosques primarios o secundarios.

3.6.2. Nivel de planificación de paisaje

La escala de paisaje incluye una gran superficie, en la cual ocurren un conjunto de procesos naturales y socioeconómicos, y permite considerar aquellos procesos y patrones que tienen relevancia tanto para la definición de restricciones como de prioridades con una visión más integral.

Las áreas fueron consideradas en el paisaje de la siguiente manera:

- 1- Mediante ArcView se seleccionaron los parches de bosques con superficie mayor a 3 ha, de acuerdo a las recomendaciones de la literatura (Laurence *et al.* 1997). En la tabla de atributos correspondiente se utilizó el Query Builder y se seleccionan los parches >3 ha.
- 2- Se determinó cual de estos parches se encontraban a distancias inferiores a los 100 metros entre sí. Según las recomendaciones (Laurence *et al.* 1997) los parches distanciados a < 100 metros tienen valores altos para la conservación. Para esto se creó un nuevo *Theme* con Create Buffer de 100 metros. Luego con *Select by Theme* se determinó que parches interceptaron los buffer y fueron seleccionados por su importancia.
- 3- Posteriormente, se digitalizaron áreas circundantes a los parches seleccionados en los dos pasos anteriores con el objeto de determinar unidades más grandes y conectadas para planificar el manejo, protección o recuperación. Estas áreas, por lo tanto, agrupan parches de bosques $> 3ha$ y a $<$ de 100 metros de distancia, pero presentan también parte de matriz con diferente tipo de cobertura vegetal.
- 4- Se buscó, que estas áreas contuvieran a todos los tipos de bosque clasificados previamente, especialmente aquellos de menor extensión (principalmente *Astrocaryum* y *Dipteryx*). Por lo tanto,

se formaron áreas mas o menos grandes, conectadas y con representación de todos los tipos de bosque.

A este nivel de planificación las áreas de manejo fueron definidas en función del tamaño de los parches, de su configuración espacial, y la distancia a otros parches de bosques, además de las restricciones ambientales. Las áreas de recuperación y protección también se relacionan con estos aspectos mas allá de las variables ambientales.

Por lo tanto, en este caso, las áreas críticas se definieron de la siguiente forma:

- 1- Áreas de manejo: Bosques primarios o secundarios incluidos en las áreas definidas previamente (contienen parches de $>3\text{ha}$ y a $<$ de 100 de distancia), mas los bosques secundarios fuera de estas áreas que se encuentren, en todos los casos, a $>$ de 200 metros de los ríos y/o en pendientes de $> 30\%$.
- 2- Áreas de protección: áreas a $<$ 200 metros de los ríos, y/o en pendientes $>30\%$ que actualmente presentan bosques primarios o secundarios. Los bosques secundarios que se encuentran dentro de las áreas circundantes a los parches grandes de bosque (áreas de manejo).
- 3- Áreas de recuperación: áreas a $<$ 200 metros de los ríos, y/o en pendientes $>30\%$ que actualmente no presentan bosques primarios o secundarios. Areas con diferente tipo de vegetación que se encuentran dentro de las áreas circundantes a los parches de bosques grandes y que se consideran áreas especiales para recuperación.

Otro aspecto considerado fue la superficie que presentan los distintos tipos de bosques y su representatividad en el paisaje. Los bosques menos representados fueron: **Astrocaryum**, **Dipteryx** y **Brosimum-Anacardium**. Estos bosques, se relacionan con tipos de suelos particulares y poco representadas en el área de estudio.

De los tres tipos de bosques los dos primeros fueron considerados los más comprometidos debido a sus bajas superficies principalmente (menos de la mitad que el bosque de **Brosimum-Anacardium**) y que además se les asignó una baja proporción de área para protección, según los criterios planteados anteriormente (Acápite 4.8 y Figura 24). Por ello, fue incluida la superficie total de estos bosques como áreas de protección con el fin de asegurar su conservación. Los bosques de **Brosimum-Anacardium**, a pesar de tener un área relativamente pequeña, por la situación ambiental en la que se encuentran (fuertes pendientes), tienen mayores restricciones para el manejo forestal, lo que implica mayor protección.

3.7 Determinación de áreas prioritarias

Para el análisis de nivel de paisaje, también fue posible incluir a las variables socioeconómicas y ver como se relacionan con los recursos forestales, y en particular, con las áreas definidas en la zonificación previa.

La determinación de prioridades fue definida en función de la “presión” que ejercen las diferentes unidades socioeconómicas sobre las áreas de bosques y áreas próximas a estas. Aquí fueron utilizados los siguientes criterios:

- 1- Se determinó que la Zona económica 1 (Siles y Ramos 1999) es prioritaria pues limita con la Gran Reserva Indio-Maíz y conserva la mayor proporción de bosque del área de estudio (Acápite 4.4.3).
- 2- Dentro de la Zona 1 se consideraron prioritarias las áreas que contienen POAS en los últimos 5 años y donde existen patios de madera del mismo periodo de tiempo (lógicamente, estos ocupan los mismos sectores que los POAS). Si bien los aprovechamientos forestales no causan deforestación, es frecuente que las áreas que han sido aprovechadas posteriormente resultan más vulnerables al cambio de uso y a la consecuente degradación de los suelos.
- 3- También, dentro de la Zona 1, se incluyeron las áreas de carreteras y ríos importantes, pues se consideran que estos son los que facilitan el acceso a las diferentes áreas de bosques o zonas cercanas. Para ello, se ha calculado una distancia de 500m, hasta la cual los caminos y ríos ejercen su influencia. Esta distancia resulta apropiada para el área de estudio.

Fueron definidos dos niveles de prioridad según los criterios planteados para caracterizar la presión sobre los bosques.

Prioridad 1: áreas de la Zona económica 1, donde se desarrollan actividades de aprovechamiento forestal y, a su vez, se localizan cerca de caminos o ríos que impliquen un fácil acceso a dicha zona.

Prioridad 2: áreas de la Zona económica 1, donde se desarrollan actividades de aprovechamiento, o bien áreas de influencia de caminos. Es decir, son áreas con actividad forestal, pero lejos de caminos, o zonas de caminos con escasa actividad forestal.

3.8. Comparación de los niveles de planificación

Se analizaron las coincidencias y diferencias entre las zonificaciones realizadas al nivel local y al nivel de paisaje, mediante una prueba de contingencia. Aquí fueron comparados los mapas de zonificación en áreas para manejo, protección y recuperación de bosques a ambos niveles de planificación utilizando tecnología SIG.

Los archivos *shapes* (vectoriales) correspondientes a uno y otro nivel de planificación fueron transformados a archivos *grid* para ser ingresados al programa Idrisi, con el fin de realizar un "crosstab", es decir un cruce de mapas, o una comparación por superposición. El Idrisi trabaja con archivos tipo *grid*, que corresponden a coberturas tipo "raster", las cuales son utilizadas para este análisis, ya que se basa en comparar número de células o píxeles de cada cobertura. Con el "crosstab" fueron comparadas las categorías de un mapa (nivel local) con aquellas del segundo mapa (nivel paisaje). Una condición para realizar este análisis es que los mapas deben tener el mismo número de categorías a comparar. En este caso las categorías fueron: manejo, protección y recuperación, aunque se agrega una cuarta categoría correspondiente a áreas "misceláneas", es decir, áreas que fueron consideradas a un nivel de planificación y no para el otro, y viceversa, además de las áreas exteriores o de fondo del mapa.

Como resultado de esta operación se obtuvo una tabla donde se presentan las medidas de asociación entre ambos mapas. Fue calculado el índice de Kappa (también llamado KHAT o Kappa Index of Agreement -- KIA). Este índice presenta un rango entre 0.0 y 1.0, donde el valor 0 indica ausencia de correlación y el valor 1.0 indica correlación perfecta.

Además se realizaron las siguientes determinaciones:

- Se cuantificaron las diferencias entre áreas asignadas a diferentes categorías para cada nivel de planificación
- Se identificaron y localizaron las áreas comunes para ambos niveles
- Se determinaron las diferencias entre ambos niveles y las causas que más influyen en estas diferencias
- Se evaluaron posibles alternativas que "acerquen" (o de compromiso) entre los niveles de planificación

3.9. Estimación del potencial de la zona

Con base en la zonificación y la identificación de las áreas asignadas para manejo se realizó el cálculo del potencial productivo maderero de la Zona de Amortiguamiento de la Gran Reserva Indio - Maíz en el Municipio El Castillo.

Se calculó el volumen de corta anual permisible (VCAP) basándose en los siguientes parámetros y supuestos:

- se realizó el cálculo para los bosques de **Pentaclethra**, que son los que se recomienda manejar según la planificación a nivel de paisaje.
- se utilizaron las especies comerciales que poseen estos bosques, según información de mercado y de los planes de manejo y aprovechamiento.
- se utilizó un Ciclo de Corta (CC) de 15 años y un Diámetro Mínimo de Corta (DMC) de 40 cm, según las Normas técnicas para aprovechamiento forestal en Nicaragua (INAFOR 2001), aunque el DMC se ajustó posteriormente de acuerdo a la Intensidad de Corta (IC) obtenida en los cálculos, de acuerdo a la metodología planteada por Louman *et al.* (2001).
- El valor de crecimiento empleado fue 0.35 cm/año y la mortalidad de 1.5%/ año (Castillo y Camacho 1997)
- Se realizó la proyección de tabla de rodal del área basal (G). Se calculó el G (m² ha⁻¹) disponible para la segunda cosecha y el G (m² ha⁻¹) disponible para la primera cosecha. A partir de estos se calculó la IC de acuerdo a la siguiente ecuación (Louman *et al.* 2001):

$$IC = (G1/G2) * 100$$

Siendo:

G1= G disponible para la segunda cosecha, correspondiente a los árboles que pasarán el DMC en un CC

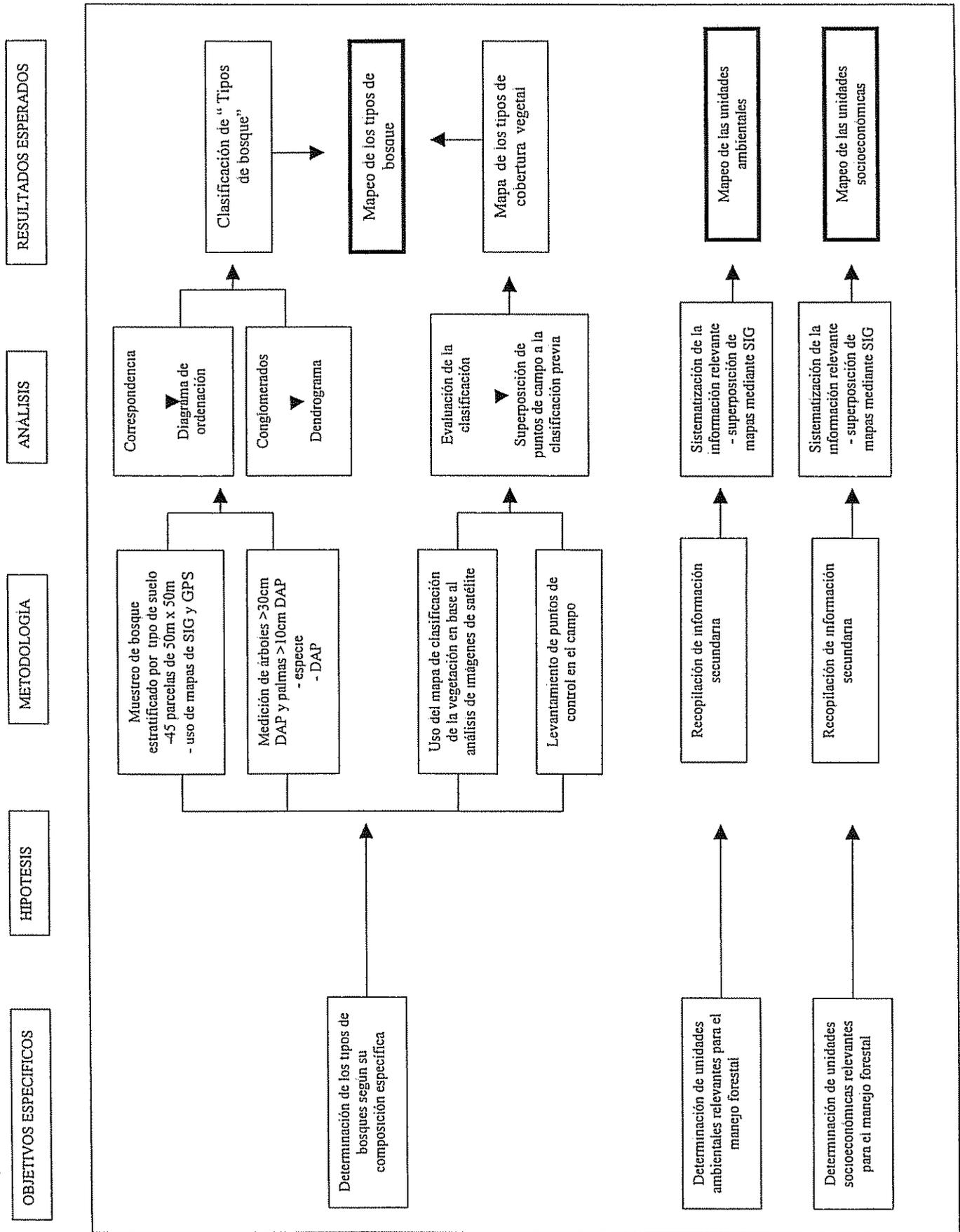
G2= G disponible para la primera cosecha, correspondiente a los árboles entre el DMC y 90 cm de DAP

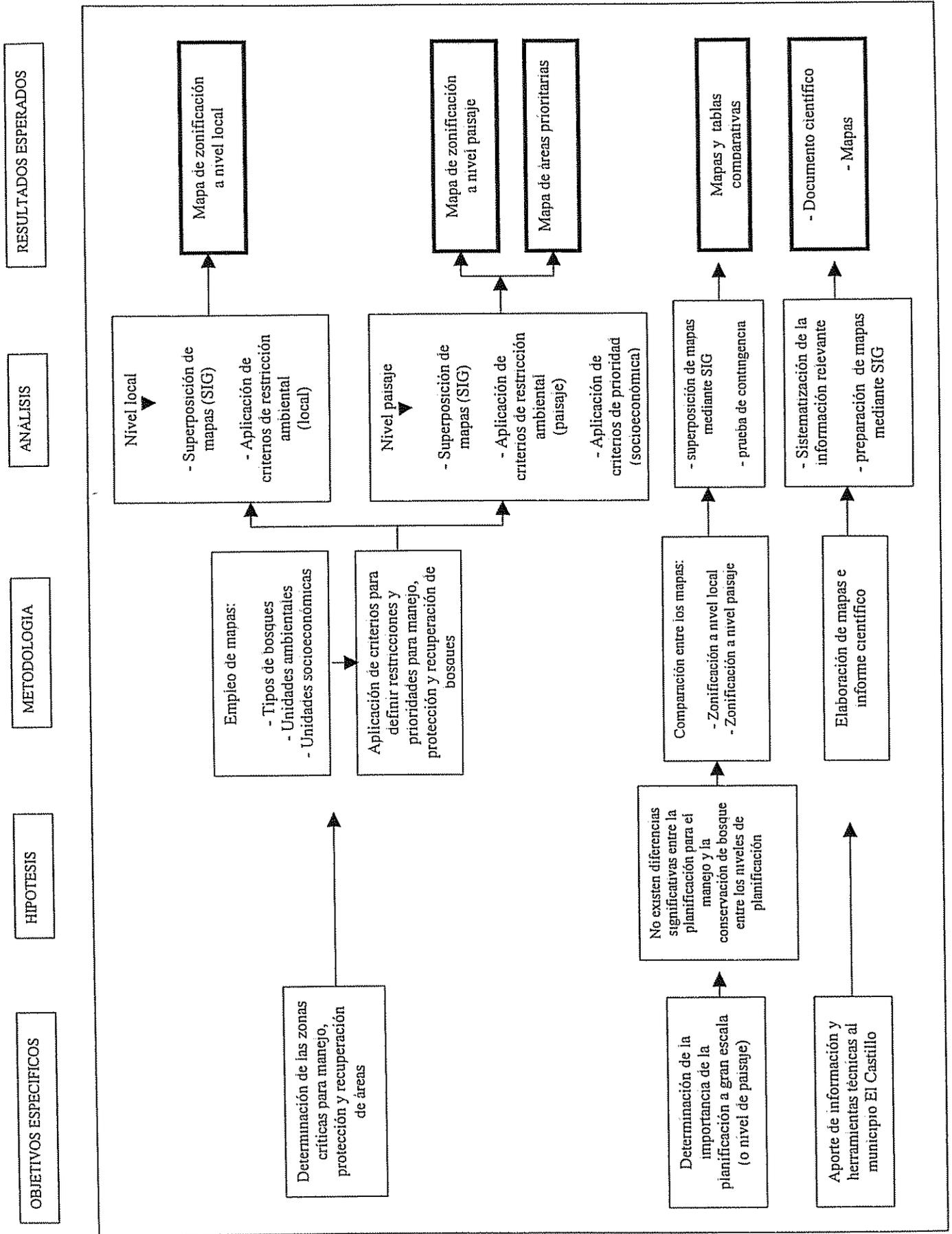
- Se aplicó una intensidad de corta para árboles > 90 cm de DAP igual al 50 %, de acuerdo a la recomendaciones de la literatura (Louman *et al.* 2001). Los árboles sobremaduros no contribuyen a la producción de madera y afectan por competencia a los individuos más jóvenes y productivos. De todos modos, no es conveniente extraerlos a todos en un momento para no abrir demasiado el bosque, y dejar una baja cobertura arbórea muy baja que pueda ser contraproducente desde el

punto de vista ecológico. De todos modos, depende de las especies y de la importancia ecológica de las mismas.

- Se calculó la distribución diamétrica del volumen sobre la base de la distribución de G. Para ello se multiplicó por 7 a los valores de G. Este valor corresponde a la multiplicación de 0.7 como factor de forma y 10m de altura comercial, que son valores obtenidos sobre la base de datos de inventarios forestales en la zona.
- Sobre la base del IC calculado y la distribución diamétrica del volumen se determinó el volumen aprovechable por hectárea.
- Multiplicando por el área de manejo de los bosques de *Pentaclethra* se calculó el volumen aprovechable en el Municipio El Castillo (VCAP).

Etapas metodológicas en el estudio, El Castillo 2001





4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Caracterización general del bosque

En las 45 parcelas instaladas (11.25 ha) se encontraron y midieron un total de 1366 individuos, de los cuales 918 (67%) son árboles >30 cm DAP, y 448 (33%) son palmas >10 cm DAP. El total de individuos evaluados corresponden a 115 especies identificadas por nombre científico con un razonable grado de certeza, de los cuales 108 especies son árboles y 7 palmas.

Un total de 37 especies fueron representadas por solo un individuo y /o encontradas en una sola parcela. Por lo tanto, un total de 78 especies, encontradas en dos o más parcelas fueron utilizadas para el análisis de la composición.

Si bien las pretensiones previas eran que la distribución y cobertura de Planes Operativos Anuales (POA) y Planes Generales de Manejo (PGM) a lo largo de la zona de interés, fuera el criterio utilizado para determinar la suficiencia de información, y que sobre aquellas áreas (o tipos de bosques) con escasa o nula información se enfocaría el muestreo de campo, se reconoció posteriormente que los datos existentes no lo permitían.

La explicación a esto, es que si bien los POA se encuentran mas o menos bien distribuidos en la zona, estos brindan una información parcial sobre la composición, ya que solo incluyen las especies de interés comercial. Y, de todos modos, persisten algunas áreas con características ambientales particulares sin información de POA. Por otro lado, los PGM incluyen todas las especies de árboles, pero son escasos y representan grandes áreas en las cuales no es posible aislar la relación entre la distribución y la abundancia de especies con las variables ambientales. Los PGM incluyen, por lo general, diferentes tipos de suelo que deberían reflejar ciertos cambios en la composición de los bosques, pero estos no son consideradas en los inventarios o los resultados se publican sin diferenciarlos. En el Anexo 3 y 4 se presentan los mapas con la ubicación de POAs y PGM realizados en el área y de los cuales se logró obtener la información de los inventarios como así también su georeferenciación.

4.2. Identificación de los tipos de bosques. Análisis multivariado

4.2.1 Análisis de correspondencia

Las parcelas y las especies fueron distribuidas sobre los ejes de ordenación 1 y 2, los cuales explican el mayor porcentaje de variación de los datos (9.48% y 6.29% respectivamente). El eje 1 refleja los cambios en la variable ambiental “profundidad de los suelos y la pendiente”, mientras que el eje 2 refleja el “drenaje” de los suelos dentro de un gradiente de cambio composicional continuo. Fueron diferenciados subjetivamente tres grupos de parcelas y especies asociadas (figura 8).

Con valores mayores a 350 en el eje 1, se agruparon 7 parcelas correspondientes al estrato 2 del muestreo (suelos poco profundos). El valor 350 indica la magnitud con que las 7 parcelas se apartan de los valores medios del resto de las mismas (según la matriz de distancias, acápite 3.2.2.2.2), en función de la profundidad de los suelos y las pendientes. Las especies más importantes relacionadas con estas parcelas fueron *Brosimum sp.*; *Otoba novogranatensis*; *Pouteria sp.*; *Tabebuia sp.* y *Guarea sp.* Con valores superiores a 150 (desvío de los datos sobre el eje que representa el drenaje) en el eje 2 se agruparon 9 parcelas correspondientes al estrato 3 (suelos profundos mal drenados) y las especies más importantes fueron *Astrocaryum alatum*; *Goethalsia meiantha*; *Pterocarpus rohrii*; *Carapa guianensis*, *Apeiba membranacea*; *Vochysia ferruginea*, *Garcinia sp.* *Chrysophyllum sp.* y *Terminalia sp.* Finalmente, y con mayor grado de dificultad, fueron agrupadas 7 parcelas del estrato 1 (suelos profundos bien drenados) con valores inferiores a 50 en el eje 2. Aquí, *Pentaclethra maculosa*; *Iriartea deltoidea*, *Tetragastris panamensis* y *Virola sp.* resultaron ser las especies más importantes.

Por lo tanto, sobre el eje 1, se separó claramente el grupo de parcelas correspondientes al estrato 2 y sobre el eje 2, con mayor dificultad, fueron separados los estratos 1 y 3. Es posible observar que un número importante de parcelas de muestreo (n=22) permanece en una situación intermedia en este análisis y no pudieron ser asignadas a ninguno de los grupos formados, y por ello, no aportaron información para la caracterización de los tipos de bosques definidos.

Para verificar y comparar esta división, fue realizado un análisis de conglomerados con el mismo conjunto de datos.

Tres parcelas del estrato 3 fueron agrupadas por presentar características propias y contrastar con el resto de las parcelas de dicho estrato. Estas, presentan una composición florística similar entre sí, y se encuentran agrupadas espacialmente. Según la información previa utilizada para definir los estratos para el muestreo, estas parcelas (301, 302 y 303) corresponden a suelos profundos, mal drenados. Pero en el campo se encontró que las condiciones de drenaje para estas parcelas eran de regulares a buenas. Esto, por lo tanto, muestra la coherencia entre la información de campo y los resultados de los análisis. Por lo tanto, con base en este análisis fueron definidos cuatro tipos de bosque (figura 9).

En la figura 9 se presenta el dendrograma con los grupos de parcelas formados. Los valores de los segmentos horizontales indican las distancias euclidianas cuadráticas entre los grupos clasificados, y estos valores reflejan el grado de similitud entre los elementos agrupados. Los valores más pequeños indican menores distancias y, por lo tanto, mayor semejanza entre las parcelas. Por ejemplo, se puede ver que el Bosque 3 (**Astrocaryum**) es el que presenta la mayor diferencia con respecto a los otros grupos según la longitud del segmento horizontal (diferencia entre bosques). También se puede observar que las parcelas del Bosque 1 (**Pentaclethra**) presentan mayor similitud entre sí dentro del grupo definido para dicho bosque, que el resto de los tipos clasificados (diferencia entre parcelas dentro de los grupos, es decir, homogeneidad/heterogeneidad de grupo).

Por lo tanto, los métodos utilizados para agrupar las parcelas e identificar los tipos de bosque dan resultados muy similares. Mediante el análisis de correspondencia se pudieron definir tres tipos de bosque según la distribución de parcelas y especies en dos ejes de ordenación y con el análisis de conglomerados se confirmó esta agrupación con las mismas parcelas y, a su vez, se pudo definir un cuarto grupo con características particulares.

Los bosques clasificados fueron los siguientes: bosque de **Pentaclethra**, bosque de **Brosimum-Anacardium**, bosque de **Astrocaryum** y bosque de **Dipteryx**, cuyos nombres fueron asignados en función de la importancia de las especies que los componen.

Por otro lado, muchas de las parcelas de muestreo no pudieron ser agrupadas en ninguno de los tipos de bosques definidos según los análisis de correspondencia y de conglomerados, sino que en ambos análisis aparecen como parcelas de composición intermedia. Esto significa, por lo tanto, que dichas parcelas comparten especies de los diferentes grupos y ninguna de estas lo caracteriza. En el anexo 5 se presenta el mapa con la ubicación de estas parcelas.

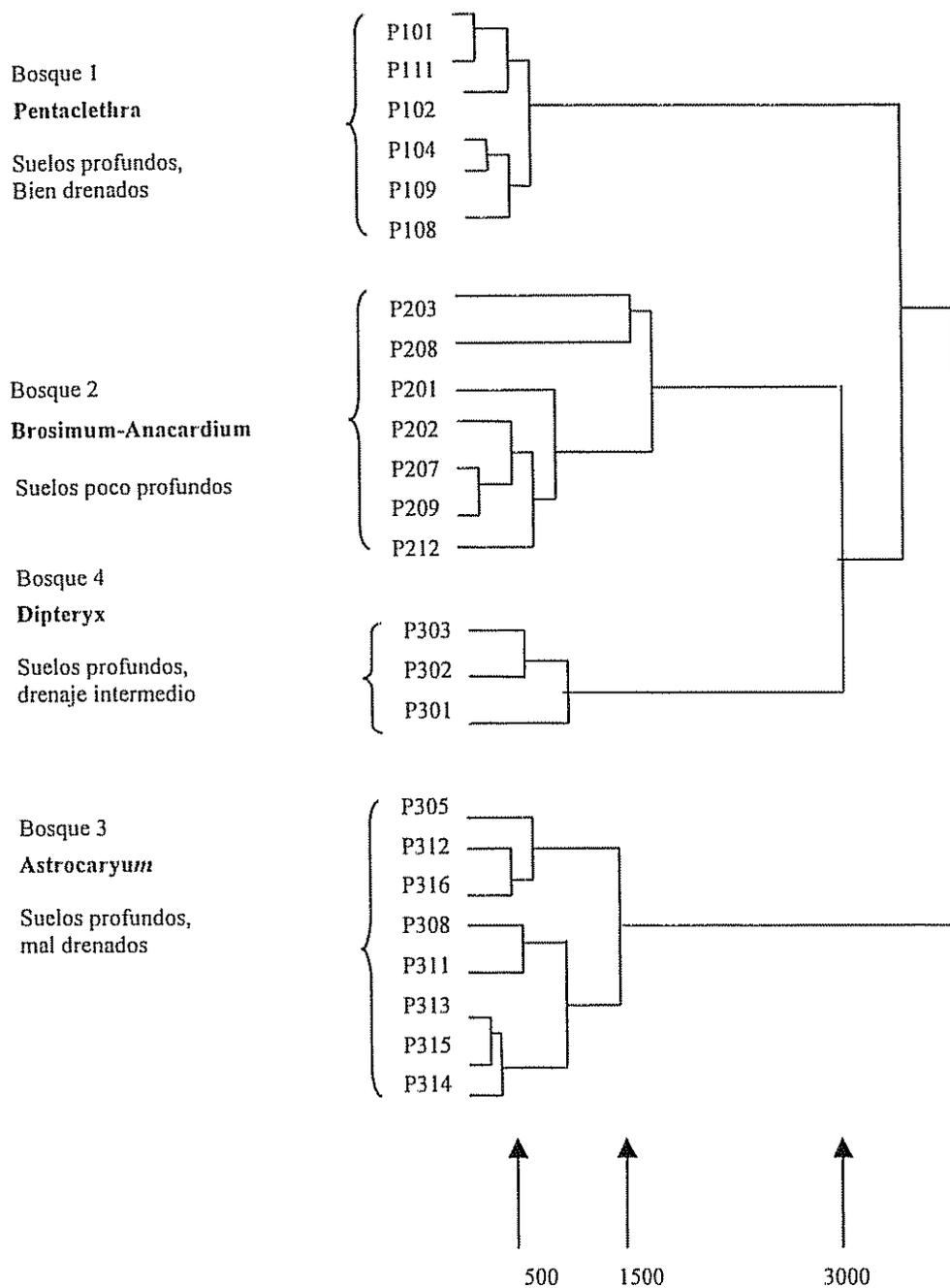


Figura 9: Dendrograma de clasificación de tipos de bosques por similitud florística. Aquí se graficaron solamente las parcelas que formaron los tipos de bosques. Los números debajo de las flechas (500, 1500 y 3000) indican las distancias euclidianas cuadráticas entre parcelas y tipos de bosques agrupados.

Varias razones permiten justificar la existencia de parcelas de composición intermedia, fundamentalmente la existencia del gran número de factores que provocan variación o heterogeneidad en los bosques tropicales, muchos de los cuales no son considerados en este estudio. La variación a pequeña escala de factores ambientales, y topográficos (micro-relieve) pueden determinar variaciones tales como la aparición y/o cambios en abundancia de determinadas especies, las cuales no se esperarían (se apartan) según las características generales del sitio. Por otro lado, la dinámica de las poblaciones vegetales, los patrones de dispersión y regeneración (mosaicos sucesionales) pueden determinar agrupaciones de individuos de determinadas especies. Whitmore (1984) reconoce que la historia y perturbación de un sitio son tan importantes como las características de los suelos para explicar los cambios en la composición de los bosques. Finalmente, algunos fenómenos se relacionan con la heterogeneidad a escala regional ligada a la historia biogeográfica de la región y a patrones a gran escala de la fertilidad del suelo (Finegan, 1999).

Además, se reconoce que dividir la vegetación de un sitio en diferentes categorías, con base en sus características estructurales y de composición, es una manera conveniente de resumir y simplificar una variación que en realidad es continua y refleja las respuestas individuales de cada una de las especies a la variación ambiental (Finegan 1999).

En este trabajo, se considera que las parcelas que pudieron ser agrupadas, mas allá de las indefinidas, permiten caracterizar los tipos de bosque presentes en el área de estudio en función de las variables de suelo con las que fue estratificado el muestreo. (Ver en anexo 5 la distribución de estas parcelas y su relación con los estratos para el muestreo). Pero se reconoce también, que la identificación de tipos de bosque definidas aquí no es aplicable a escala pequeña, ya que por diferentes razones (micrositio, dinámica de poblaciones, aprovechamiento, etc.), como fue mencionado anteriormente, dentro de un área con determinado tipo de bosque es posible encontrar zonas o parcelas con variación en la importancia de las especies.

Además, fue empleada también la información de los inventarios de POAs, como se mencionó anteriormente para complementar esta clasificación. La información de estos inventarios debe tomarse con cautela ya que estos consideran solamente las especies comerciales y los individuos aprovechables (buena forma y estado sanitario) por lo que pueden tener un sesgo importante. De todos modos se presenta también la información que brindan algunos de estos (Planillas en el Anexo 6 y mapa en Anexo 7). Esta información fue sistematizada en base de datos y la misma se halla georeferenciada y disponible en Arcview, de modo tal que es posible consultar dicha información en forma sencilla y práctica.

4.3. Comparación de los tipos de bosques

4.3.1 Estructura de los bosques

Los bosques de **Astrocaryum** y **Pentaclethra** presentaron la mayor densidad de árboles (individuos ha^{-1}) $\geq 30\text{cm}$, y el bosque de **Dipteryx** presentó los valores más bajos. El bosque de **Brosimum-Anacardium** presentó valores intermedios (Cuadro 9), pero estas diferencias no son significativas (prueba de Tukey). Respecto a densidad de palmas (individuos ha^{-1}) $\geq 10\text{cm}$, el bosque de **Astrocaryum**, presentó los mayores valores, marcando una diferencia importante respecto al resto de los tipos de bosques (diferencias significativas se comprobaron mediante la prueba de Tukey), debido a la presencia de *Astrocaryum alatum*.

En cuando al área basal ($\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$), el bosque de **Brosimum-Anacardium** es el que presenta los valores mas altos, mientras que **Pentaclethra** y **Astrocaryum** le siguen en importancia. Finalmente, del mismo modo que para la densidad, el bosque de **Dipteryx** presenta los valores inferiores (Cuadro 9). Los valores de área basal (G) de palmas son muy bajos, solo adquieren relevancia en el bosque de **Astrocaryum**. En un trabajo realizado en el norte de Nicaragua, Perez (2000) encontró resultados similares a estos. En ese trabajo, el bosque denominado "Astrocaryum, Grias y Carapa" presentó una abundancia muy alta de *Astrocaryum alatum* (213 N/ha). La comparación estadística entre tipos de bosques indica que no existen diferencias significativas tampoco para el área basal (prueba de Tukey).

Respecto a la distribución del número de árboles por clases diamétricas, se encontró que el mayor número de individuos se concentra en las clases diamétricas inferiores. Esta distribución define una curva con forma de J invertida, la cual es característica de los bosques primarios (Figura 10). Los bosque de **Pentaclethra** y **Brosimum-Anacardium** presentan esta curva característica mientras que los otros tipos se apartan en diferente medida. El bosque de **Astrocaryum** prácticamente no presenta individuos en las clases mayores, mientras que el bosque de **Dipteryx** presenta un número importante, fundamentalmente debido a la presencia de individuos de la especie *Dipteryx panamensis*.

Cuadro 9: Caracterización y parámetros estructurales de los tipos de bosques definidos. Valores medios y densidad de árboles 30cm y palmas >10cm (s.d. entre paréntesis).

	Tipos de bosque			
	Bosque 1	Bosque 2	Bosque 3	Bosque 4
Nombre asignado	Pentaclethra	Brosimum Anacardium	Astrocaryum	Dipteryx
Tipo de suelo	Profundos bien drenados	Poco profundos	Profundos mal drenados	Profundos drenaje intermedio
Densidad arboles (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
Area basal (G) arboles (m ² /ha)	17.67(4.25)	20.54(4.39)	16.94 (3.85)	15.16 (6.97)
Area basal (G) palmas (m ² /ha)	0.01(0.02)	0.01(0.02)	2.96 (2.41)	0

El G se relaciona con la capacidad de carga de los sitios. Pero la distribución de área basal puede reflejar el grado de intervención que han sufrido los bosques. Louman *et al.* (2001) comparan diferentes bosques del neotrópico y sugieren que la diferencia en la distribución de G, en esos casos, se debe al grado de intervención que han sufrido los sitios. Los bosques sin intervención normalmente poseen un G más elevados, y estos autores citan ejemplos de 24 y 32 m²/ha para árboles >10cm, en bosques del trópico húmedo. Los bosques sin intervención, además muestran una acumulación de G en las clases diamétricas mayores.

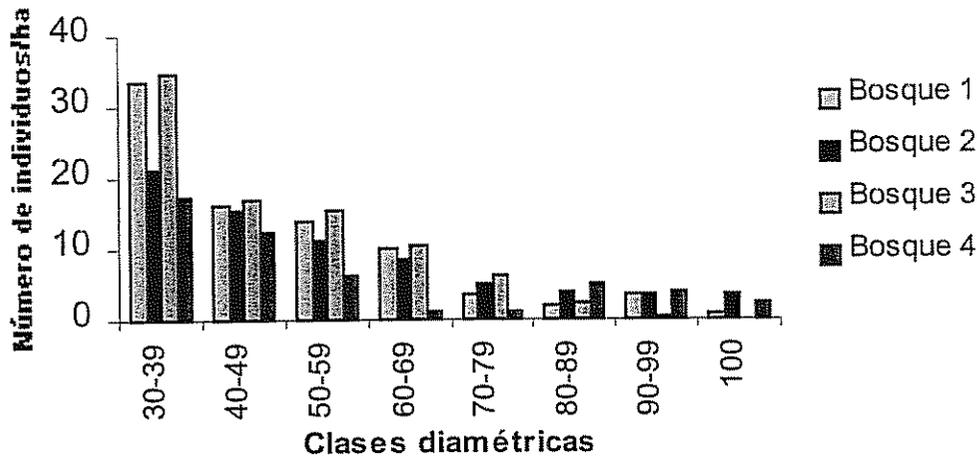


Figura 10: Distribución de individuos (número de individuos por ha) por clases diamétricas. Bosque 1 (*Pentaclethra*), Bosque 2 (*Brosimum-Anacardium*), Bosque 3 (*Astrocaryum*) y Bosque 4 (*Dipteryx*).

La distribución del G por clase diamétrica, muestra una diferencia importante entre los tipos de bosques. Mientras los bosques de *Pentaclethra* y *Brosimum-Anacardium* presentan una distribución de G mas o menos uniforme, el bosque de *Astrocaryum* concentra mayores G en clases diamétricas menores y *Dipteryx* hace lo propio en las clases mayores (Figura 11). Estas diferencias son importantes para el manejo forestal. Por ejemplo, el bosque de *Dipteryx* tiene mucha área basal correspondiente a árboles sobremaduros que no aportan volumen aprovechable y que, a su vez, están compitiendo y afectando al crecimiento de individuos más pequeños con potencial. En el caso de los bosques de *Pentaclethra*, donde se presenta una distribución uniforme de G, la situación de crecimiento del bosque es diferente y las condiciones para el manejo serán también diferentes.

La comparación estadística (prueba de contingencia X^2) indicó que no hay diferencias significativas para el número de individuos y G por clase diamétrica. Los resultados obtenidos en este estudio, con respecto a las distribuciones de individuos y área basal, son similares a otros trabajos desarrollados en la misma región, tales como Castillo (1999) y Sabogal *et al.* (1992).

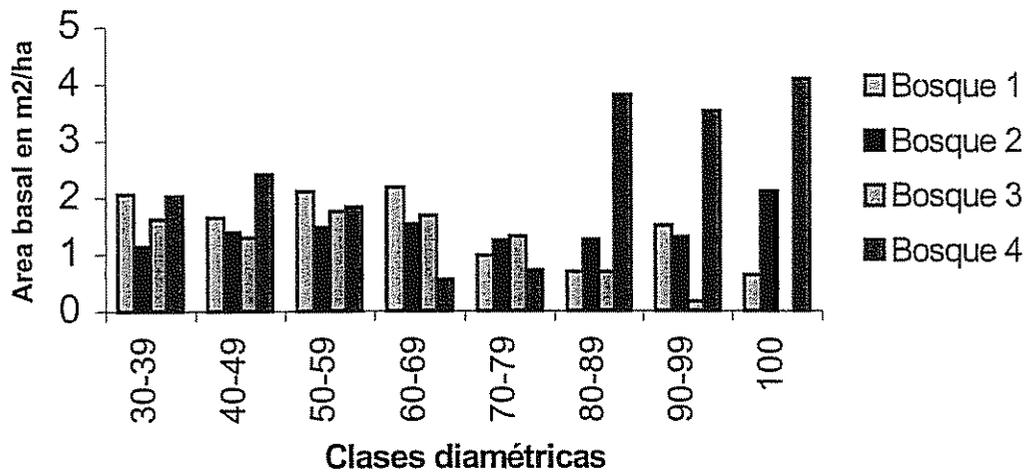


Figura 11: Distribución del Area basal (m2/ha) por clases diamétricas. Bosque 1 (Pentaclethra), Bosque 2 (Brosimum-Anacardium), Bosque 3 (Astrocaryum) y Bosque 4 (Dipteryx).

Si bien no se cuenta con datos de las clases diamétricas inferiores, y por lo tanto, no es posible caracterizar la regeneración y sus implicancias para el manejo, se puede decir que la estructura de los bosques, en términos generales, es apropiada para el manejo forestal. La distribución del número de individuos y de G por clase diamétrica es útil para calcular el potencial de un bosque para recuperarse de las intervenciones y puede ser utilizado cuando se tiene poca información sobre crecimiento, regeneración y mortalidad (Louman *et al.* 2001). De todos modos, deben utilizarse las distribuciones diamétricas de las especies individuales, y en función de su temperamento (tolerancia a la sombra), determinar si las mismas son aptas para el manejo.

4.3.2 Riqueza, composición y diversidad

Dado que la determinación de especies fue realizada con baqueano, y por lo tanto no hubo una identificación botánica de las especies, los bosques no han podido ser caracterizados según su riqueza,

composición y diversidad con un nivel de certeza adecuado. De todos modos, se realizaron algunos análisis que se presentan someramente a fin de tener una idea general de las mismas.

Con la identificación de especies según nombres comunes y posterior asignación de nombre científico, el bosque de **Astrocaryum** fue el que presentó los mayores valores de riqueza de especies con valores promedios de 11.63 especies en 0.25 ha y un s.d de 2.33. Muy próximo a este se ubicó el bosque de **Brosimum-Anacardium** con valores de 11.43 especies en 0.25 ha y un s.d de 3.41. El bosque de **Pentaclethra** presentó 8.83 especies en 0.25 ha con un s.d de 1.60. Finalmente, el bosque de **Dipteryx** presentó 7.67 especies en 0.25 ha y un s.d de 3.21, siendo estos los valores más bajos. Estas características se pueden observar en las curvas de acumulación de especies que se presentan en el Anexo 8. Allí se puede observar que la tendencia se mantiene al aumentar el área en consideración. En el estudio de Pérez (2000), el bosque de "Astrocaryum, Grias y Carapa" fue el segundo en importancia en cuanto a riqueza, ya que el más importante fue el bosque que denominó como "Mixto". En el Anexo 9 se presentan los índices de diversidad de Fisher, Shannon y Simpson, y las curvas rango abundancia.

Se presenta aquí las familias más ricas en especies, por tipo de bosque, y las familias más abundantes en relación al número de individuos por familia y por tipo de bosque (Cuadro 10).

Cuadro 10 Diez familias más ricas en especies para cada tipo de bosque. Se incluye el número de géneros, especies e individuos por familia.

Bosque de Pentaclethra

FAMILIA	GENERO	FAMILIA	ESPECIE	FAMILIA	INDIVIDUOS
FABACEAE/PAP.	3	FABACEAE/PAP.	4	FABACEAE/MIM.	49
MORACEAE	2	MORACEAE	2	FABACEAE/CAES	12
BURSERACEAE	2	BURSERACEAE	2	FABACEAE/PAP.	9
VOCHYSIACEAE	1	VOCHYSIACEAE	1	MORACEAE	7
TILIACEAE	1	TILIACEAE	1	BURSERACEAE	6
SAPOTACEAE	1	SAPOTACEAE	1	EUPHORBIACEAE	4
SAPINDACEAE	1	SAPINDACEAE	1	TILIACEAE	3
RUBIACEAE	1	RUBIACEAE	1	PAPILIONACEAE	3
PAPILIONACEAE	1	PAPILIONACEAE	1	MYRISTICACEAE	3
MYRTACEAE	1	MYRTACEAE	1	BORAGINACEAE	3

Bosque de Brosimum-Anacardium

FAMILIA	GENERO	FAMILIA	ESPECIE	FAMILIA	INDIVIDUOS
FABACEAE/PAP.	3	FABACEAE/PAP.	3	FABACEAE/PAP.	3
SAPOTACEAE	2	SAPOTACEAE	2	SAPOTACEAE	2
MYRISTICACEAE	2	MYRISTICACEAE	2	MYRISTICACEAE	2
MORACEAE	2	MORACEAE	2	MORACEAE	2
MELIACEAE	2	MELIACEAE	2	MELIACEAE	2
FABACEAE/CAES	2	FABACEAE/CAES	2	FABACEAE/CAES	2
ANACARDIACEAE	2	ANACARDIACEAE	2	ANACARDIACEAE	2
VOCHYSIACEAE	1	VOCHYSIACEAE	1	VOCHYSIACEAE	1
TILIACEAE	1	TILIACEAE	1	TILIACEAE	1
SAPINDACEAE	1	SAPINDACEAE	1	SAPINDACEAE	1

Bosque de Astrocaryum

FAMILIA	GENERO	FAMILIA	ESPECIE	FAMILIA	INDIVIDUOS
TILIACEAE	3	TILIACEAE	3	ARECACEAE	352
FABACEAE/PAP.	3	FABACEAE/PAP.	3	MELIACEAE	28
ARECACEAE	3	ARECACEAE	3	FABACEAE/PAP.	25
SAPOTACEAE	2	SAPOTACEAE	2	TILIACEAE	22
RUBIACEAE	2	RUBIACEAE	2	FABACEAE/CAES	14
MELIACEAE	2	MELIACEAE	2	VOCHYSIACEAE	12
FABACEAE/CAES	2	FABACEAE/CAES	2	SAPOTACEAE	9
APOCYNACEAE	2	APOCYNACEAE	2	APOCYNACEAE	9
VOCHYSIACEAE	1	VOCHYSIACEAE	2	MORACEAE	7
PAPILIONACEAE	1	PAPILIONACEAE	1	CLUSIACEAE	6

Bosque de Dipteryx

FAMILIA	GENERO	FAMILIA	ESPECIE	FAMILIA	INDIVIDUOS
FABACEAE/PAP.	2	FABACEAE/PAP.	2	FABACEAE/PAP.	12
VOCHYSIACEAE	1	VOCHYSIACEAE	1	FABACEAE/CAES	3
TILIACEAE	1	TILIACEAE	1	DESCONOCIDA	3
SIMAROUBACEAE	1	SIMAROUBACEAE	1	BURSERACEAE	3
RUTACEAE	1	RUTACEAE	1	SIMAROUBACEAE	2
SAPOTACEAE	1	SAPOTACEAE	1	OCHNACEAE	2
RUBIACEAE	1	RUBIACEAE	1	MORACEAE	2
OCHNACEAE	1	OCHNACEAE	1	FABACEAE/MIM.	2
MORACEAE	1	MORACEAE	1	APOCYNACEAE	2
MELIACEAE	1	MELIACEAE	1	VOCHYSIACEAE	1

4.3.3. Especies de mayor peso ecológico

Las especies con mayor peso ecológico (% IVI) son las que le dan el nombre a los diferentes tipos de bosque. Para el bosque de **Pentaclethra** es *Pentaclethra maculoba* (28.1%) seguida por *Dialium guianensis* (11.9%) y *Dipteryx panamensis* (5.3%). Para el bosque de **Brosimum-Anacardium** son *Brosimum sp* (11.1%), *Dialium guianensis* (9%) y *Luehea seemannii* (7.8%). Para el bosque de **Astrocaryum** es *Astrocaryum alatum* (29.4%) seguida por *Carapa guianensis* (7.7%) y *Pterocarpus rohrii* (5.5%). Finalmente para el bosque de **Dipteryx** es *Dipteryx panamensis* (33%) más *Dialium guianensis* (7.2%) y *Tetragastris panamensis* (5.2%). En el Anexo 9 se presenta el listado con las diez especies con mayor peso ecológico para cada tipo de bosque.

Dentro de las diez especies con mayor % de IVI (Figura 7 y 8), se observa que *Dialium guianense* aparece en todos los tipos de bosque. *Dipteryx panamensis* y *Brosimum sp.* aparecen en todos los tipos de bosques excepto uno. La primer especie no se presenta en el bosque de **Brosimum-Anacardium**, y la

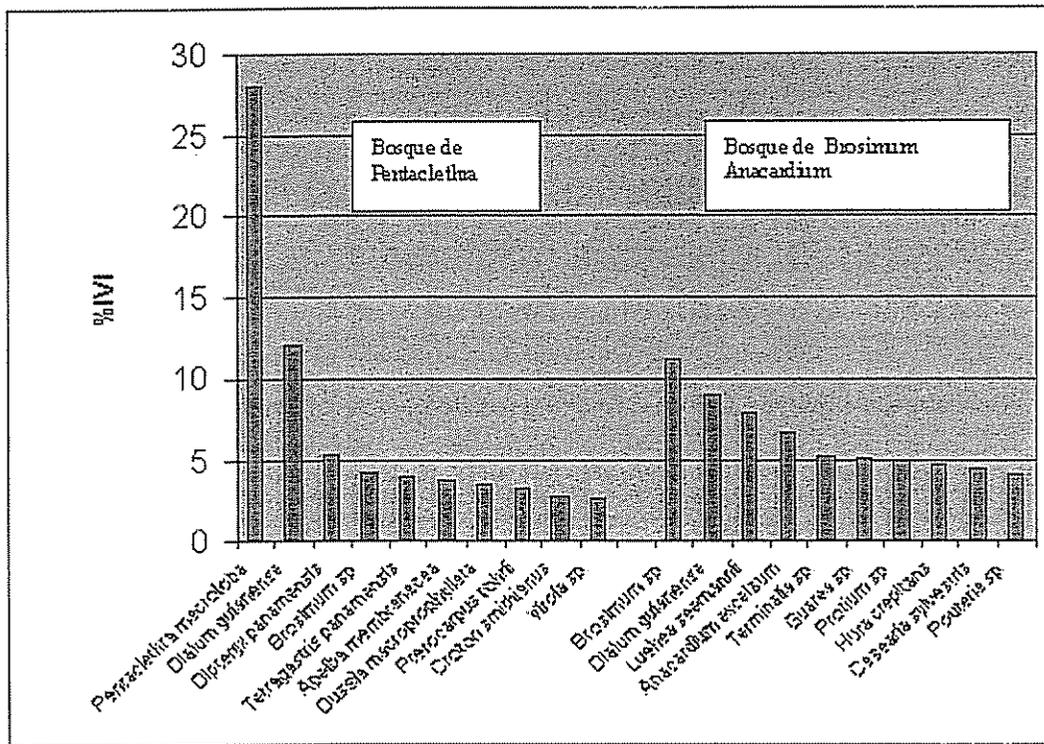


Figura 12a. Diez especies con mayor % de IVI en los bosque de Pentaclethra y Brosimum-Anacardium

segunda está ausente en el bosque de *Astrocaryum*. Las especies *Pentaclethra maculosa*, *Dussia macrophyllata*, *Croton smithianus* y *Virola sp.* se presentan solo en el bosque de *Pentaclethra*. *Anacardium excelsum*, *Terminalia sp.*, *Guarea sp.*, *Protium sp.*, *Hura crepitans*, *Casearia sylvestris* y *Pouteria sp.*, se presentan solo en los bosques de *Brosimum-Anacardium*. Por otro lado, *Astrocaryum alatum*, *Vochysia ferruginea* y *Lacmellea panamensis* aparecen solo en el bosque de *Astrocaryum*. Finalmente *Simarouba amara*, *Cespedesia macrophylla* e *Inga sp.* aparecen únicamente el bosque de *Dipteryx*.

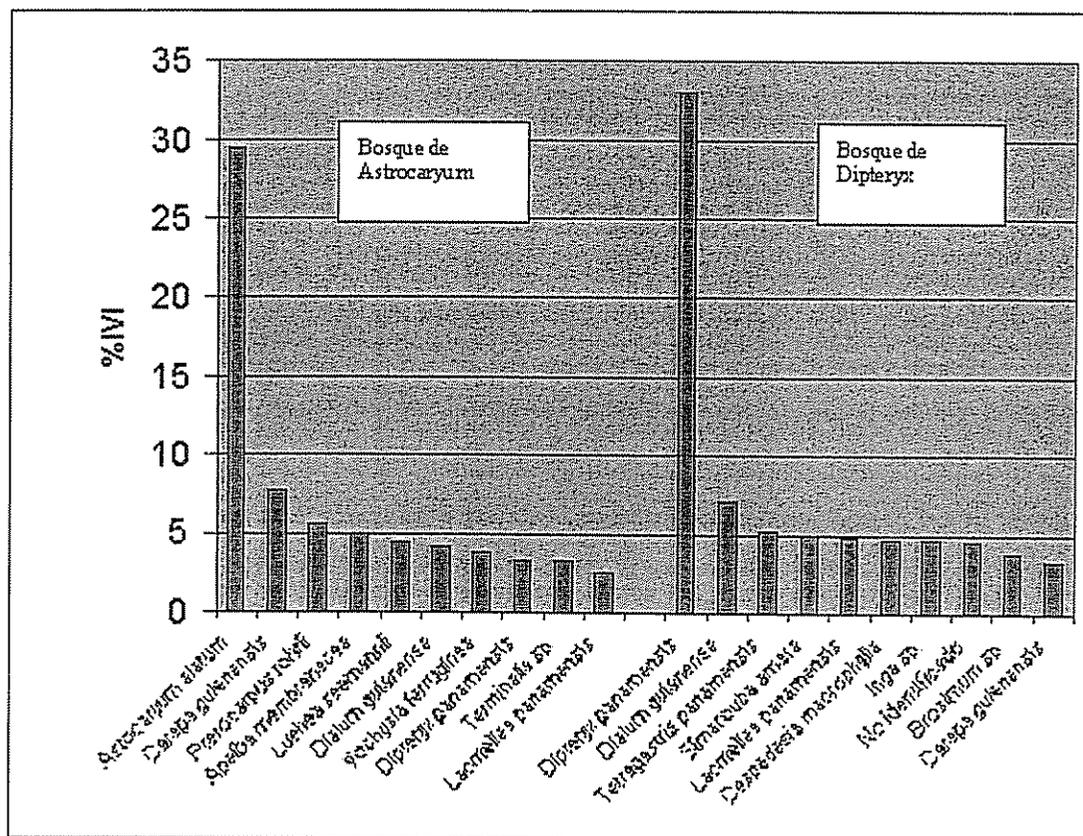


Figura 12b: Diez especies con mayor % de IVI en los bosque de *Astrocaryum* y *Dipteryx*

4.3.4 Existencias comerciales

Las especies comerciales en el bosque de *Pentaclethra* fueron *Tetragastris panamensis*, *Pterocarpus rohrii* y *Virola sp.* Estas representan un G de $1.3 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ (11.2% sobre las 10 especies más importantes), unos $7.3 \text{ individuos ha}^{-1}$ (8.8 %) y un 9.8% del IVI. Además, las consideradas potencialmente comerciales fueron *Pentaclethra maculosa*, *Dialium guianense* y *Dipteryx panamensis*,

las que representan un G de $10.4 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ (58.9%), un número de 43.3 individuos ha^{-1} (52 %) y un 45.3 % del IVI.

Para el bosque de **Brosimum-Anacardium** las especies comerciales fueron *Terminalia sp.* y *Guarea sp.* Estas representan un G de $1.8 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ (9.1%), unos 8 individuos ha^{-1} (10.8 %) y un 10.3 % del IVI. Del grupo de las especies potencialmente comerciales solo se presentó *Dialum guianense* con $2.25 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ (10.9 %), unos 7.4 individuos ha^{-1} (7.4 %) y 9 % del IVI.

El bosque de **Astrocaryum** presentó a *Carapa guienensis*, *Pterocarpus rohrii*, *Vochysia ferruginea* y *Terminalia sp.* como las especies comerciales con un G de $6.2 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ (31.1%), unos 27 individuos ha^{-1} (10.3 %) y un 20.2 % del IVI. Las especies potencialmente comerciales fueron el *Dialum guienense* y *Dipteryx panamensis* con un G de $2.3 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ (11.7%), unos 10 individuos ha^{-1} (3.8 %) y un 7.4 % del IVI.

Finalmente, para el bosque de **Dipteryx** las especies comerciales fueron *Tetragastris panamensis*, *Simarouba amara* y *Carapa guienensis* con un G de $1.7 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ (11.2%), unos 8 individuos ha^{-1} (15 %) y un 13.5% del IVI. Las potencialmente comerciales fueron, también en este caso, *Dipteryx panamensis* y *Dialum guienense* con un G de $10.3 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ (67.8%), unos 18.7 individuos ha^{-1} (35 %) y un 40.2% del IVI.

Por lo tanto, se puede decir que el bosque de **Astrocaryum** presenta una mayor proporción de G de especies comerciales, respecto a los otros tipos de bosque. Esto se debe fundamentalmente a la presencia de *Carapa guienensis* y *Pterocarpus rohrii*. Pero si consideramos las especies con potencial comercial, otros tipos de bosque adquieren importancia. En este caso, los bosque de **Pentaclethra** y **Dipteryx** aparecen como los más importantes, y en este caso se debe a la presencia de *Dipteryx panamensis* y *Dialum guienensis* en ambos tipos de bosque más *Pentaclethra maculoba* en el primero de estos.

Se considera relevante tener en cuenta las especies potencialmente comerciales porque se prevé que en un futuro no muy lejano, estas especies se transformen en especies comerciales. En este caso, además es necesario tener en cuenta que dichas especies son comercializadas actualmente en Costa Rica, lo cual implica un aspecto fundamental en función de los vínculos comerciales existentes (Acápita 2.2.2.4), además de las perspectivas futuras. Estos aspectos pueden ser relevantes desde el punto de vista del manejo y el aprovechamiento de los distintos tipos de bosques.

4.4 Análisis del paisaje

4.4.1 Tipos de cobertura vegetal en el área de estudio

Los bosques secundarios, definidos como áreas con cobertura leñosa en diferentes fases de desarrollo, pero que también pueden incluir cobertura de bosques primarios ralos y/o degradados (Acápite 3.3.1), presentan un 48.5% de la superficie de la Zona de Amortiguamiento de la Gran Reserva Indio Maíz en el Municipio el Castillo y dominan el paisaje. Los bosques primarios le siguen en importancia de cobertura con un 28.8%. Los pastizales representan el 14.8% de la superficie, mientras que las zonas agrícolas y la superficie de palma constituyen el 4% y el 2.5% respectivamente (Figura 13 y 14)



Figura 13: Mapa de tipos de cobertura vegetal en la Zona de Amortiguamiento de la Gran Reserva Indio-Maíz en el Municipio El Castillo

Es posible observar que los macizos más continuos de bosques se encuentran hacia el este del área de estudio, fundamentalmente hacia el sudeste. La zona oeste se caracteriza por la presencia de bosques secundarios y, en general, por ser un área mucho más fragmentada. También es posible percibir el sentido de avance de la frontera agrícola desde el noroeste hacia el sudeste.

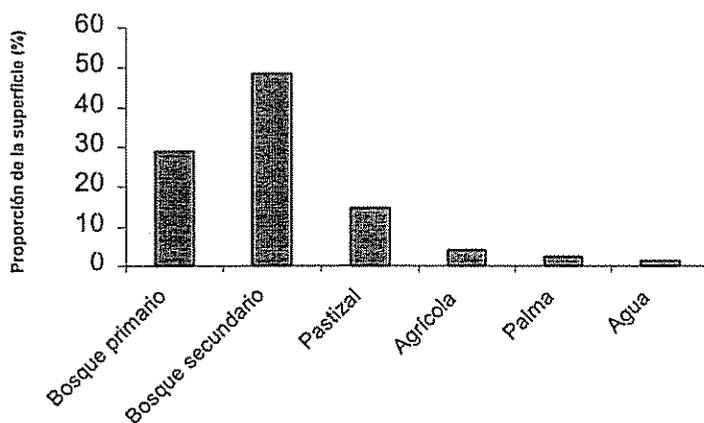


Figura 14: Proporción de los diferentes tipos de vegetación en el área de estudio

Lo clasificado como bosque primario corresponde a bosques naturales densos. Los bosques secundarios son áreas de vegetación leñosa que se ha desarrollado naturalmente sobre tierras abandonadas por la agricultura y se encuentran en diferentes fases de desarrollo. Se incluyen en esta categoría a los bosques primarios degradados o ralos (Acápite 3.3.1). Pueden presentarse parches pequeños de otro tipo de vegetación, los cuales cubren menos de 30% del área total. Por lo tanto, esta es una categoría amplia que incluye vegetación sucesional juvenil, bosque secundario maduro y bosques primarios degradados. Esto explica, en parte, la ocurrencia de una gran superficie correspondiente a la clase “bosques secundarios” en el área de estudio. Pastizal corresponde a pasturas con escasa cobertura de árboles. Las áreas agrícolas presentan cultivos anuales y áreas quemadas para la práctica agrícola. La palma corresponde a un área donde se presentan cultivos de palma africana. La clase “agua” corresponde a ríos, y otros cuerpos de agua.

4.4.2 Mapeo de tipos de bosque

Los cuatro tipos de bosques clasificados mediante los análisis multivariados fueron desplegados en un mapa de tipos de bosques (Figura 15).

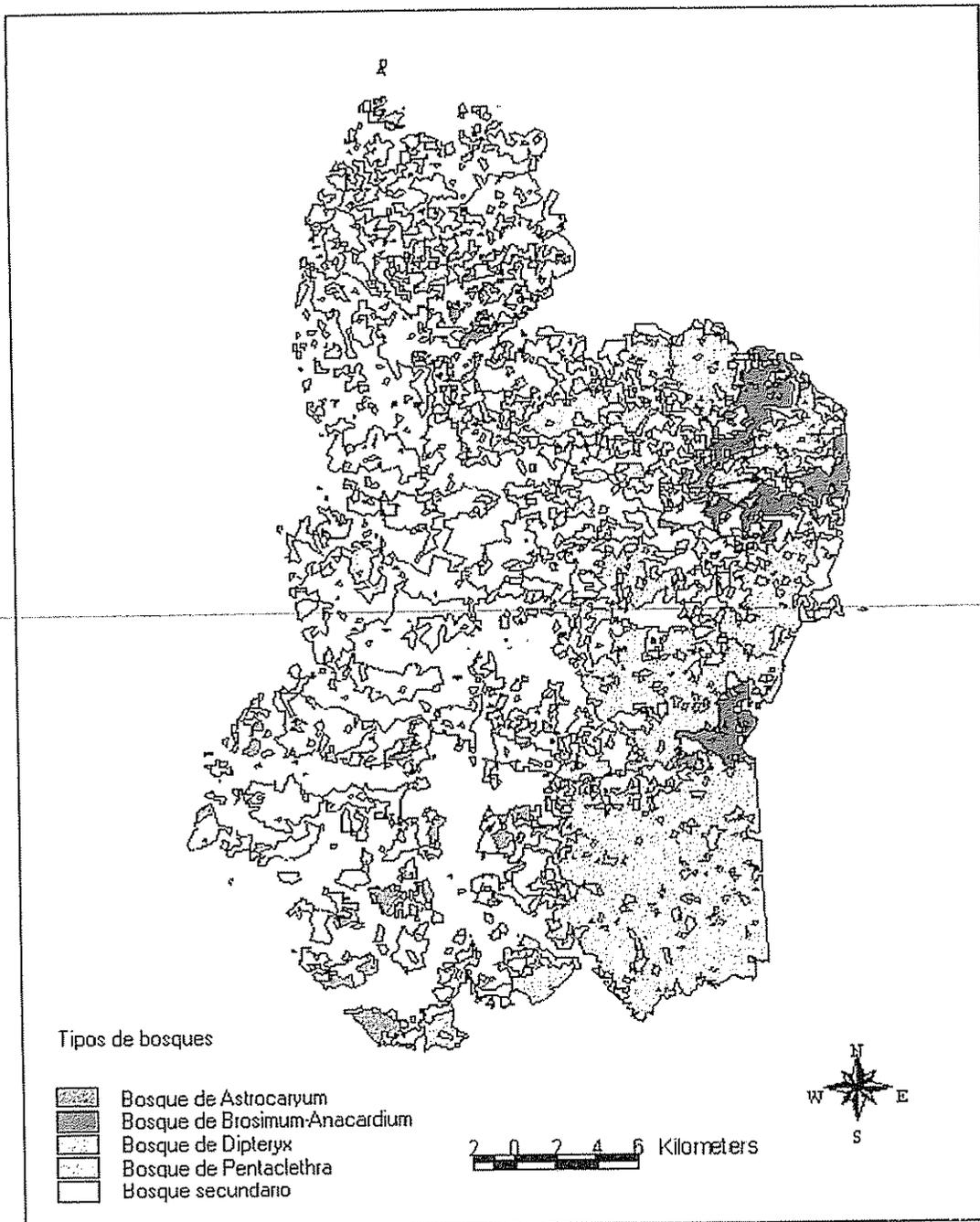


Figura 15: Mapa de tipos de bosque según su composición, y bosques secundarios en la Zona de Amortiguamiento de la Gran reserva Indio-Maíz en el Municipio El Castillo

4.4.3 Descripción del paisaje

El paisaje de la Zona de Amortiguamiento de la Gran Reserva Indio-Maíz en el Municipio El Castillo se halla fragmentado debido a los patrones de uso de la tierra de los últimos años. Si bien el bosque primario aún presenta un área importante (28.8 % de la superficie), en este trabajo se considera escasa, de acuerdo a los patrones de uso y a las tasas de degradación.

El bosque de **Pentaclethra** es el tipo de bosque dominante en términos de superficie dentro del área de estudio, constituyendo el 22.6% del área total y el 79.7% del área de bosque. Los bosques menos representados son el bosque de **Dipteryx** (1.1% del área total) y el bosque de **Astrocaryum** (1.4%), representando un 3.8% y un 4.8% de la superficie de bosque respectivamente. El bosque de **Brosimum-Anacardium** representa el 3.3% del área total y el 11.7% de los bosques (Cuadro 11).

La ocurrencia de tipos de bosques mejor representados que otros, en términos de superficie, hace que presenten diferente importancia para el manejo o la protección. Así, los tipos de bosque menos representados deberían ser especialmente considerados cuando se planifica el manejo de los bosques o el uso de los recursos en general. Debido a la importancia que se le asigna a estos aspectos en este trabajo, los mismos serán retomados mas adelante.

En el cuadro 12 se puede observar las grandes diferencias que se presentan en los tamaños promedios para los diferentes tipos de bosque. El mayor valor pertenece al bosque de **Pentaclethra**, aunque está afectado por la presencia de pocos parches grandes. En cambio los tamaños medianos se presentan mucho más parejos, siendo el mayor valor el del bosque de **Astrocaryum**. El mayor desvío estándar corresponde al bosque de **Pentaclethra** y el mas pequeño al bosque de **Astrocaryum**.

Como se mencionó en la revisión bibliográfica (Acápite 2.1.1), la "calidad" de un parche se relaciona fuertemente con su tamaño. En parches grandes la producción per cápita equilibra o supera a la mortalidad de individuos de una especie, y la reducción de su tamaño por fragmentación puede tener serios efectos en la supervivencia de una población (Farina 1999). Aunque lógicamente, las características de dispersión y demografía de las especies, determinarán su respuesta a la fragmentación.

Cuadro 11: Datos e índices descriptivos del Paisaje Bosque 1 (Pentaclethra), Bosque 2 (Brosimum-Anacardium), Bosque 3 (Astrocaryum) y Bosque 4 (Dipteryx).

Estadísticas	Bosque 1	Bosque 2	Bosque 3	Bosque 4
Area (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
Desvío 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

En la zona de estudio, el mayor fragmento corresponde al bosque de **Pentaclethra** y tiene una superficie de 8667.7 ha (cuadro 11). Existen 10 fragmentos de bosques grandes (> 300 ha) en el paisaje que suman 20354.9ha. El 85% de esta superficie corresponde al bosque de **Pentaclethra** y el bosque de **Astrocaryum** no presenta parches de esta categoría (Cuadro 12).

Los parches de tamaño mediano (entre 3 y 300ha) son los más abundantes, pero la mayor superficie la aportan los parches grandes (> 300ha). Mientras que los parches pequeños (>3ha) que se presentan en cantidad importante (26% de los parches), prácticamente no aportan superficies importantes (menos del 1% de la superficie de bosque). En el cuadro 12 y en la Figuras 16 y 17 se presentan el número y la superficie de los parches de bosques según la clase de tamaño de los fragmentos, y para cada tipo de bosque.

Cuadro 12: Caracterización de los tipos de bosque según el tamaño de los parches. Bosque 1 (Pentaclethra), Bosque 2 (Brosimum-Anacardium), Bosque 3 (Astrocaryum) y Bosque 4 (Dipteryx)

Estadísticas	Bosque 1	Bosque 2	Bosque 3	Bosque 4	Total
Número parches >300 ha	6	3	0	1	10
Área parches >300ha	17359.0	2332.4	0.0	663.5	20354.9
Número parches e/ 3 y 300 ha	191	52	63	12	318
Área parches e/3 y 300ha	4414.3	826.8	1301.4	356.7	6899.2
Número parches <3 ha	73	21	14	5	113
Área parches <3ha	138.9	41.6	26.7	12.4	219.6

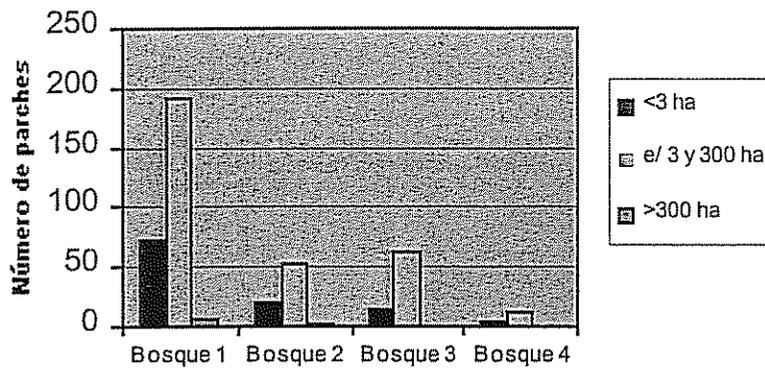


Figura 16: Número de parches por tipo de bosque y según la clase de tamaño. Bosque 1 (Pentaclethra), Bosque 2 (Brosimum-Anacardium), Bosque 3 (Astrocaryum) y Bosque 4 (Dipteryx).

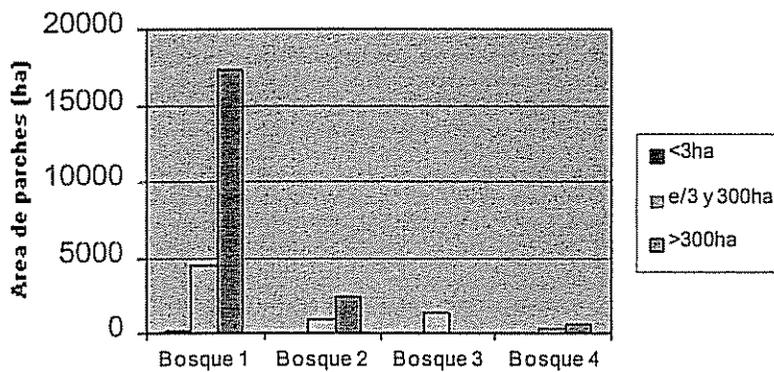


Figura 17: Area de parches por tipo de bosque y según la clase de tamaño. Bosque 1 (Pentaclethra), Bosque 2 (Brosimum-Anacardium), Bosque 3 (Astrocaryum) y Bosque 4 (Dipteryx).

La persistencia de algunas especies en las áreas remanentes, depende de la superficie de hábitat adecuado que puede mantenerse. Dicha superficie debe permitir que se sostenga un número suficiente de individuos (Saunders et al. 1991).

La forma de los parches es importante solo en áreas relativamente pequeñas. En el área de estudio, los parches no presentaron diferencias significativas entre los diferentes tipos de bosques (Cuadro 13). En un área donde la actividad humana tiene mucha presión sobre los bosques, la forma de los fragmentos seguramente sea explicada por esta actividad mas que por razones biofísicas.

Los valores promedios y medianos calculados son bajos para todos los tipos de bosque. En un trabajo realizado en el norte de Nicaragua (Carmo 2000) se obtuvieron valores de Indices de forma para bosque igual a 2.05. En general la forma de los fragmentos presenta una relación con el tamaño de los mismos, y el índice de forma aumenta con el tamaño de los fragmentos (Figura 18).

Cuadro 13: Forma de los parches de los diferentes tipos de bosque. Bosque 1 (Pentaclethra), Bosque 2 (Brosimum-anacardium), Bosque 3 (Astrocaryum) y Bosque 4 (Dipteryx).

Forma de parche	Bosque 1	Bosque 2	Bosque 3	Bosque 4
Promedio	1.43	1.46	1.31	1.50
Mediana	1.29	1.29	1.25	1.33
Máximo	7.26	4.33	2.05	2.90
Mínimo	1.09	1.11	1.10	1.15

Nota: los promedios son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05)

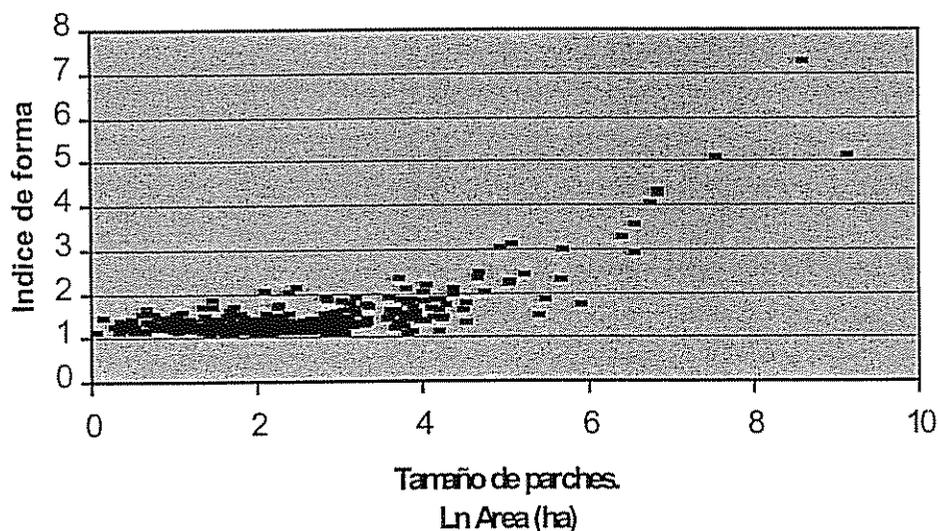


Figura 18: Relación entre la forma y el tamaño de los parches de bosque. Los datos son pertenecen al presente estudio

Todas las áreas de bosques son afectadas por los efectos de borde (Acápite 3.3.3, figura 6) y, por consiguiente, el área de hábitat interior se reduce considerablemente (Cuadro 14). Así, de las 27473.7ha de superficie total de bosque, unas 5631.5 (20.5%) corresponde a área de borde.

Los bosque de **Brosimum-Anacardium** y de **Astrocaryum**, presentan las proporciones más importantes de áreas de borde (29 % de la superficie de bosque para cada caso), mientras que el bosque de **Pentaclethra** presenta un 19% , y el bosque de **Dipteryx** un 15% (Cuadro 14).

Cuadro 14: Borde y hábitat interior por tipo de bosque. Bosque 1 (Pentaclethra), Bosque 2 (Brosimum-Anacardium), Bosque 3 (Astrocaryum) y Bosque 4 (Dipteryx).

Estadísticas	Bosque 1	Bosque 2	Bosque 3	Bosque 4	Total
Nº parches con hábitat interior	260	78	71	18	427
Area de hábitat interior	17749.0	2272.6	943.0	877.6	21842.2
Area de borde	4163.3	928.2	385.1	154.9	5631.5
Area total	21912.3	3200.8	1328.1	1032.5	27473.7

Para el cálculo de efectos de bordes, se consideró que cuando los bosques primarios limitan con bosques secundarios, el efecto se reduce a un mínimo o es inexistente. Por ello, solo se incluyo el cálculo cuando las áreas de bosques primarios limitan con otro tipo de vegetación. En la figura 19 se puede observar un ejemplo de las áreas de borde de los bosques primarios.

Es necesario tener presente que la fragmentación es uno de los procesos más severos que influyen en la pérdida de biodiversidad. Los conceptos de metapoblaciones y poblaciones “fuente” y “sumidero” mencionado anteriormente (Acápite 2.1.1), son importantes para comprender la distribución de los individuos y la supervivencia de las poblaciones. Si no existe conexión genética y demográfica entre los fragmentos en ambientes fragmentados, estas “subpoblaciones” se comportan como poblaciones aisladas. Estas no constituyen “metapoblaciones” de este modo y hacen que se vuelva mas crítica la perdida de diversidad por efecto de la fragmentación.

Por el contrario, cuando los paisajes presentan alta conectividad, se puede asegurar una mayor supervivencia de poblaciones. Es muy importante, como fue referido anteriormente, la existencia de interconexión entre las sub-poblaciones en un paisaje. En este trabajo fue calculado un índice de continuidad de bosque (Vogelmann, 1995) para caracterizar la continuidad de los bosques.

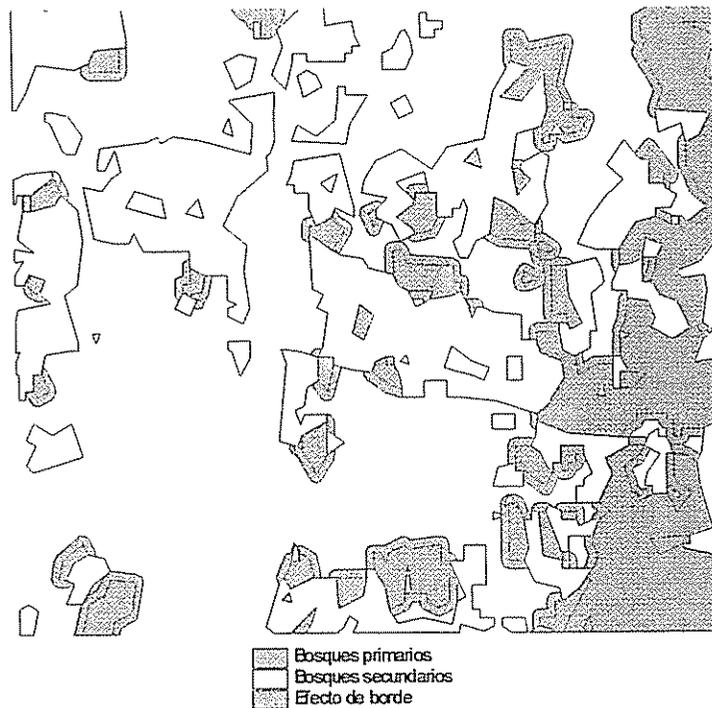


Figura 19: Ejemplo de bordes en bosques primarios. Observar como puede minimizarse el efecto de borde cuando se presentan bosques secundarios. El área blanca corresponde a otro tipo de cobertura vegetal.

El índice de continuidad del bosque da valores relativamente altos para todos los tipos de bosques. Así, se obtuvo un valor de 5.40 para el bosque de *Pentaclethra*, 4.94 para el bosque de *Brosimum-Anacardium*, 4.64 para el de *Astrocaryum*, y finalmente de 5.12 para el de *Dipteryx*. Estos valores indican, que si bien los bosques se encuentran fragmentados, existe una buena continuidad de los mismos (Vogelman, 1995). A su vez, los bosques secundarios pueden cumplir un rol fundamental como aporte de conectividad al paisaje. Los valores de conectividad hallados en este estudio son similares a los encontrados por Carmo (2000) en un estudio en el norte de Nicaragua.

De todos modos, si los procesos de fragmentación continúan verificándose en el área, estos valores van a disminuir, pudiendo llegar a comprometer la supervivencia de poblaciones de especies arbóreas y de otras especies vegetales y animales. Por ejemplo, los valores de continuidad en la zona oeste del área de estudio, presentan valores muy inferiores a los presentados anteriormente. En este caso, la fragmentación de los bosques ha sido extrema y no existe continuidad entre fragmentos. Estos aspectos se consideran relevantes para la determinación de criterios para definir áreas con importancia para el manejo,

la protección o la recuperación al nivel de paisaje (Acápites 2.1.2, 2.1.3 y 2.3.1) y, por lo tanto, serán retomados mas adelante.

Estos aspectos se consideran relevantes en función de la ubicación de los bosques en la zona de amortiguamiento de la Gran Reserva Indio-Maíz, la cual se ve seriamente amenazada, y además por constituir una porción importante del Corredor Biológico Mesoamericano. Por lo tanto, cualquier aporte a la conservación no solo significa una mejora para las condiciones locales sino también un aporte a escala regional que, como tal, debería valorarse. En un futuro, estos esfuerzos podrían constituir una forma de generar ingresos a la comunidad local mediante pagos por compensación a los bienes y servicios brindados por estas áreas de bosque.

4.5. Determinación de unidades ambientales

Estas unidades son importantes para la aplicación de restricciones para el manejo forestal sobre diferentes áreas de la Zona de Amortiguamiento de la Gran Reserva Indio-Maíz. La información de los tipos de bosques y su relación con las unidades ambientales constituyen la base sobre las cuales serán fijados los criterios para la clasificación de áreas de manejo, protección y recuperación de bosques.

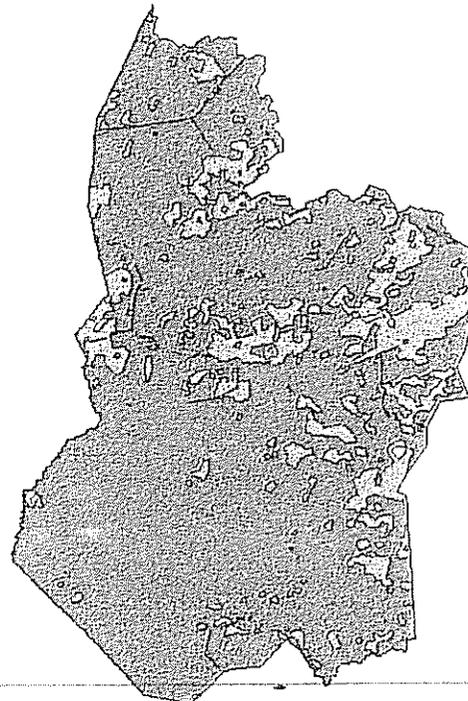
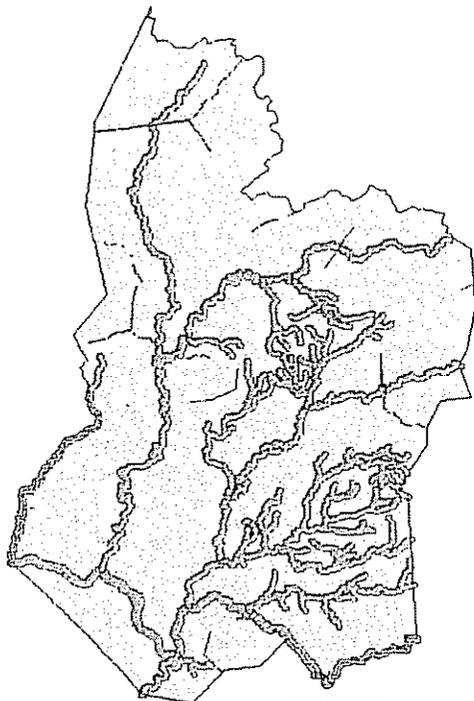
Fueron obtenidas las coberturas de distancia a ríos y de clases de pendiente, de acuerdo a los criterios planteados (Acápites 3.4). Se puede observar (Figura 20a) la importancia de la red hidrográfica en el área de estudio. La clase de distancia a ríos <200 metros presenta un área igual a 16500 ha y constituye el 17% del total del área de estudio. La clase de distancia >200 metros presenta una superficie de 81000 ha (83% del total).

También, es posible observar la escasa superficie de pendientes elevadas. Solo unas 542.32 ha (0.5 %) de la superficie presenta pendientes superiores al 30 %, unas 15642.19 ha (16%) presenta superficies entre 15 y 30 %, mientras que unas 81238.45 ha (83.5 %) posee una pendiente inferior al 15 % (Figura 20b).

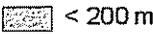
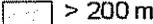
Como puede observarse en la figura 20, la red de drenaje se distribuye a lo largo de toda el área de estudio, aunque aparece como más importante hacia el este de la misma. Las pendientes mas elevadas, por otro lado, se presentan en la zona norte de dicha área. Estos patrones serán reflejados posteriormente, el realizar la clasificación de áreas para manejo, protección y recuperación.

a- Distancia a ríos

b- Clases de pendiente



Clases de distancia

 < 200 m
 > 200 m

2 0 2 4 6 8 10 Kilometers



s de pendiente (%)

> 30

0 a 15 %
 15 - 30 %

2 0 2 4 6 8 10 Kilometers



Figura 20: Clasificación de las unidades ambientales con importancia para la definición de restricciones para el manejo forestal en el Municipio El Castillo.

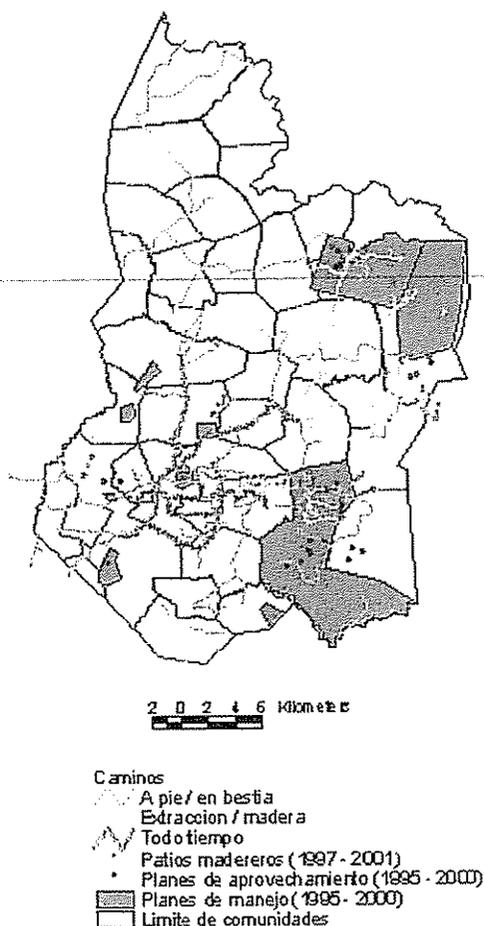
Muchas veces, la distancia a los ríos debe ser considerada de una forma particular. Es muy probable que gran parte de las fincas cercanas a los ríos presenten superficies de bosque en esta zona de 200 metros. Y, debido al pequeño tamaño de las fincas, no sería extraño que esta sea la única área de bosque de las mismas. Por ello, es muy difícil de llevar a la práctica la aplicación de una restricción total a la utilización de estos recursos. En estos casos, más bien se debería considerar la aplicación de criterios más lógicos, como elaborar planes de manejo forestal especiales que incluyan aprovechamiento de bajo impacto y con muy buenos controles de las operaciones (Acápites 3 y 6). También se considera necesario implementar planes de compensación para los propietarios que realizan un aporte a la conservación mediante un tipo de manejo especial como el mencionado o cuando reduzcan sus actividades a un mínimo en estas áreas frágiles.

4.6. Determinación de unidades socioeconómicas

Estas unidades son importantes para la determinación de prioridades de intervención, sea para manejo, protección o recuperación sobre las diferentes áreas de la Zona de Amortiguamiento de la Gran Reserva Indio – Maíz

Fue obtenida una cobertura según los criterios considerados previamente (Acápite 3.5) En la figura 21 se presentan los mapas que combinan la información socioeconómica relevante para determinar las áreas prioritarias Estos se presentan separados con el fin de que se pueda visualizar la información

a- Caminos, planes de manejo y áreas de aprovechamiento



b- Zonas económicas y ríos caudalosos

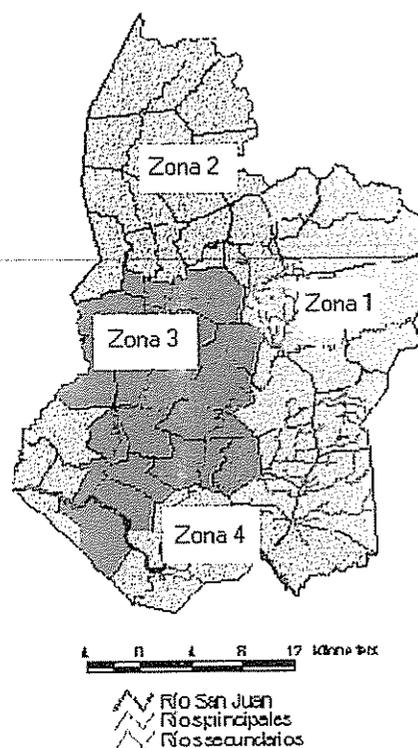


Figura 21: Clasificación de las unidades socioeconómicas relevantes para la definición de áreas prioritarias para manejo, protección y recuperación de bosques En (b) 1= Zona 1 y 2= Zona 2, ambas con tamaños de propiedad entre 20-50 mz; 3= Zona 3, con 50-100 mz de tamaños medio, y 4= Zona 4 con propiedades mayor a 50 mz

En estos mapas es importante observar la localización de PGMF y POAs, como así también de los patios madereros de los últimos años. Estos se encuentran concentrados en la zona de “Las Quezadas” al Noreste del área de estudios, y en la zona de “Boca de Escalera y Romerito” al sudeste de la misma. Lógicamente, esta son las áreas donde se encuentran las mayores superficies de bosques en la actualidad.

Además, se puede observar como la red de caminos conducen hacia dichas áreas de actividad forestal. Los caminos de uso permanente poseen una cobertura escasa (60.6 km. lineales) y se sitúan en la zona próxima a Boca de Sábalos, cabecera del municipio. Los caminos de extracción de madera se encuentran un poco más extendidos hacia las áreas donde se concentran los POAs y patios de madera. Estos presentan una extensión de 99.8 km. lineales. Además, los caminos a pie o en bestia, más desarrollados hacia el oeste del área de estudio presentan una extensión de 231.6 km.

En la figura 21 (b) también se puede ver que los ríos también forman una importante red que vincula las principales áreas de actividad forestal con las diferentes zonas del área de estudio, fundamentalmente con la cabecera del municipio que es hacia donde se transporta la madera. Además, en esta figura se presentan las zonas económicas determinadas en un estudio socioeconómico desarrollado en la zona del Municipio El Castillo (Siles y Ramos 1999). La relevancia de estas zonas es que agrupa las comunidades según su posición geográfica, pero además, como fue desarrollado en la revisión bibliográfica (Acápites 2.2.2.1) presentan características diferentes, tales como el tamaño medio de finca y la proporción de cobertura de bosques.

4.7. Determinación de zonas críticas para el manejo, la protección y la recuperación de bosque a nivel de planificación local.

De acuerdo a los criterios empleados (Acápites 3.6), las áreas fueron clasificadas según su importancia para el manejo, la protección o la recuperación de bosques. En general se puede observar la importancia de la red de drenaje y la distancia a los ríos para la determinación de las restricciones para el manejo forestal (Figura 22). Este aspecto se detalla en el Cuadro 15 donde se presentan las superficies de bosques que son consideradas como áreas de protección. Dado que las áreas próximas a los ríos son especialmente sensibles desde el punto de vista ecológico, estas deben ser consideradas en el momento de planificar el manejo forestal. De hecho, estos aspectos son tenidos en cuenta en las normas técnicas de manejo de Nicaragua, como así también en los criterios e indicadores de manejo descritos y discutidos en la revisión bibliográfica.

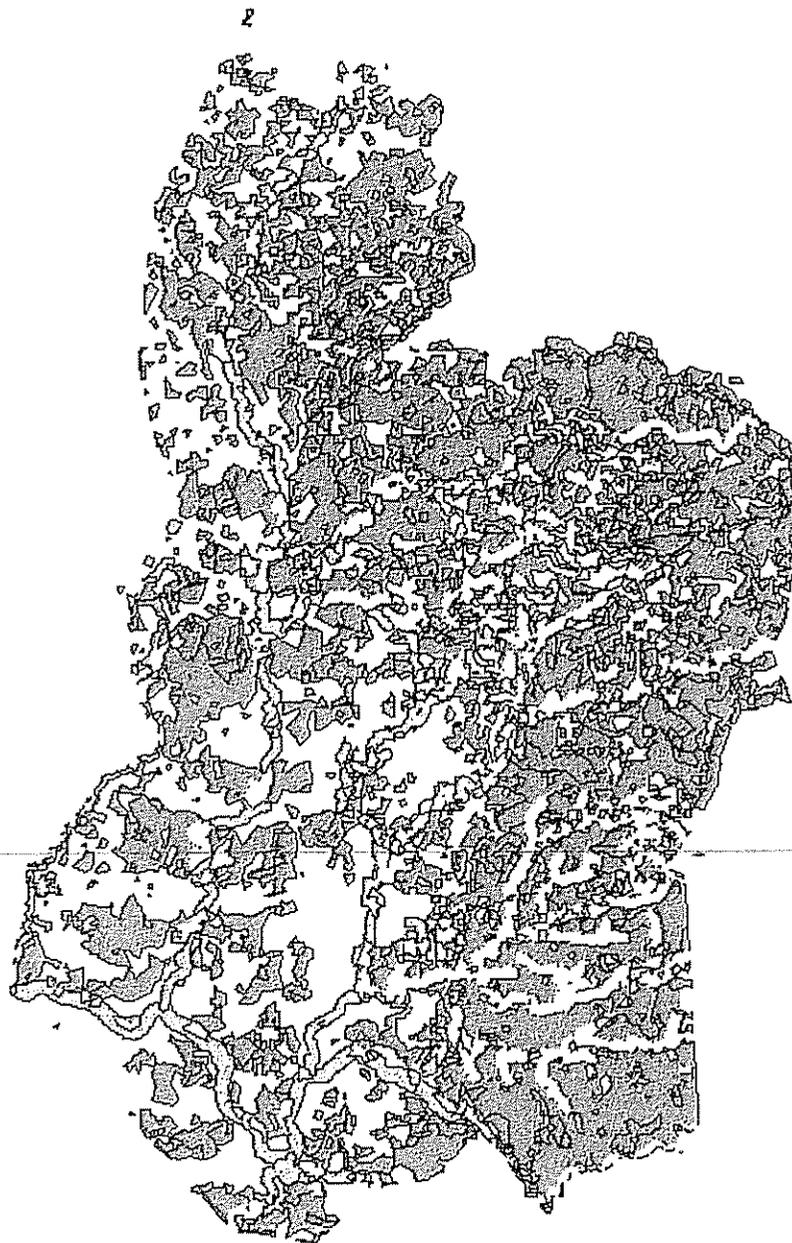
En el cuadro 15 se presenta la distribución de la superficie de las diferentes áreas clasificadas, donde es posible observar que la mayor superficie corresponde a manejo forestal, y representan casi un 50 % del área de estudio. Esta superficie, correspondiente tanto a bosques primarios y secundarios, se asignan a manejo forestal con la única consideración de ser áreas de bosques que no presentan restricciones ambientales.

Cuadro 15: Zonas críticas al nivel local. Superficie (ha) y proporción de las áreas (%) El " % clasificado" se refiere a la superficie de bosque (primario y secundario) mas las áreas consideradas para las restricciones ambientales (áreas <200 metros de los ríos y pendientes >30 %) que actualmente no presentan bosques El "% del total" se aplica sobre la superficie total del área de estudio.

Zonas	Superficie (ha)	% clasificado	% del total
Manejo	48066.2	74.81	49.53
Protección	9491.6	14.77	9.78
Recuperación	6692.1	10.41	6.89
Total clasificado	64249.9	100	66.20
Total área de estudio	97050		

Por otro lado, cerca de un 10% de la superficie fue asignada a áreas de protección y aproximadamente un 7% correspondió a áreas de recuperación. Estas últimas, representan áreas próximas a los ríos o en pendientes elevadas que actualmente no presentan cobertura forestal.

En cuanto a la distribución de las áreas de manejo para los diferentes tipos de bosques, se encontró que los bosques secundarios presentaron las mayores superficies, representando un 53.2 % de la superficie de bosque, aunque también fue muy importante la superficie de bosque de *Pentaclethra* ya que presentó un 36.9% (Cuadro 16). Por lo tanto, de acuerdo con la caracterización de los tipos de bosques, las especies importantes para el aprovechamiento en los bosques de *Pentaclethra* son: *Tetragastris panamensis*, *Pterocarpus rohrii* y *Virola sp.* Además, existe la posibilidad de aprovechar especies potencialmente comerciales en Nicaragua, pero que se comercializan en Costa Rica, tales como: *Pentaclethra maculosa*, *Dialium guianense* y *Dipteryx panamensis*, cuyas existencias son muy importantes. Las especies comerciales representan casi el 10% del IVI ($G = 1.3 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$), mientras que estas últimas un 45% del IVI ($G = 10.4 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$) según lo descrito en los resultados (Acápite 4.3.5). Además, será necesario obtener información y caracterizar a los bosques secundarios con el fin de planificar el manejo de los mismos.



Nivel local

-  Manejo
-  Protección
-  Recuperación

2 0 2 4 6 8 10 Kilometers

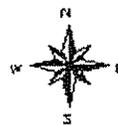


Figura 22: Mapa de áreas críticas al nivel local

Cuadro 16: Superficie asignadas a manejo forestal según tipos de bosque al nivel de planificación local

Tipo de bosque	Superficie para manejo	
	Ha	%
Astrocaryum	1142.5	2.4
Brosimum-Anacardium	2595.9	5.4
Dipteryx	1016.5	2.1
Pentaclethra	17737.0	36.9
Bosque Secundario	25574.3	53.2
Total	48066.2	100

En el cuadro 17 se presentan las áreas de protección clasificadas según la variable que define la restricción. Así se observa, como se mencionó anteriormente, que la distancia a los ríos (<200 metros) es la principal restricción, implicando un 99 % de la superficie para protección (17% con pendientes entre 15 – 30 %, y un 82% con pendientes entre 0 – 15 %), lo que significa casi un 9.5 % de la superficie total del área de estudio. Las pendientes fuertes (>30%) solo representan el 1% de las áreas de bosques asignadas a protección. Esta situación es muy lógica dada la topografía relativamente plana y la importancia de la red de drenaje existente en el área.

Se puede observar que en las áreas con restricciones por pendientes elevadas, los bosques de **Brosimum-Anacardium** resultaron ser importantes en forma proporcional (26.4 %) luego de los bosques secundarios (51.6 %). En las áreas para protección por cercanía a los ríos, las pendientes intermedias inferiores (15 – 30 %), además de los bosques secundarios (37.1 %), también fueron importantes las superficies de bosques de **Pentaclethra** (37.8) y de **Brosimum-Anacardium** (25%). En cambio, para las pendientes inferiores (0 – 15 %), el bosque de **Pentaclethra** (46.6 %) fue el mas importante junto a los bosques secundarios (49.3 %).

Cuadro 17: Superficie asignadas a protección según tipos de bosque al nivel de planificación local. El % entre paréntesis de la última columna indica la proporción respecto al área total de protección.

Restricción	Tipo de bosque	Superficie para protección	
		ha	%
Pendiente > 30 %	Astrocaryum	5.4	5.1
	Brosimum-Anacardium	28.1	26.4
	Pentaclethra	18.0	16.9
	Bosque Secundario	55.0	51.6
Total		106.5	100 (1%)
Distancia a ríos <200			
Pendiente 15 - 30 %	Brosimum-Anacardium	385.9	25.0
	Dipteryx	1.6	0.1
	Pentaclethra	583.6	37.8
	Bosque Secundario	573.9	37.1
Total		1545.1	100 (17%)
Pendiente 0 a 15 %	Astrocaryum	186.2	2.5
	Brosimum-Anacardium	106.1	1.4
	Dipteryx	16.1	0.2
	Pentaclethra	3524.6	46.6
	Bosque Secundario	3731.1	49.3
Total		7564.0	100 (82%)
Total protección		9215.6	100

Del mismo modo, la distancia a los ríos es relevante en cuanto a la cantidad de superficie destinada a recuperación, es decir, las áreas que no tienen bosque y que deberían tener cobertura forestal (Cuadro 18). Mientras los ríos determinan un 93 % de las restricciones, las pendientes fuertes solo influyen con casi un 7 % de la misma.

Cuadro 18: Superficie asignada a recuperación según el nivel de planificación local.

Restricción	Superficie para recuperación	
	ha	%
Pendiente > 30 %	481.5	6.9
Distancia a ríos <200		
Pendiente 0 a 15 %	5780.4	83.0
Pendiente 15 - 30 %	704.2	10.1
Total	6966.1	100.0

4.8. Determinación de zonas críticas para el manejo, la protección y la recuperación de bosque a nivel de planificación paisaje.

Del mismo modo que para la escala local, las áreas fueron clasificadas según su importancia para el manejo, la protección o la recuperación de bosques. Según los conceptos utilizados de la ecología del paisaje para la determinación de las restricciones, y con el fin de disminuir la fragmentación y mejorar las características de conectividad del paisaje, fueron definidas áreas que contienen parches agrupados de bosques para manejo forestal y superficie circundante destinadas a recuperación o protección (Figura 23). Aquí la zonificación, como se planteó en la metodología (Acápite 3.6), buscó conectar parches de bosques mediante la recuperación de áreas que presentan actualmente otro tipo de vegetación y protegiendo los bosques secundarios en zonas circundantes.

Actualmente, en zona de amortiguamiento de la Gran Reserva Indio-Maíz en el municipio El Castillo la presión humana ejerce una fuerte influencia sobre los bosques. Los procesos de deforestación y fragmentación, y las tasas a la que estos ocurren son muy importantes (Acápite 2.2.1 y 2.2.4). Para conservar las especies dependientes del bosque, una de las posibilidades es mantener un máximo de conectividad de los remanentes de bosque primario. Por lo tanto, los corredores biológicos pueden ser importantes para mantener el movimiento biótico, ser refugio durante disturbios y aumentar de las características estéticas del paisaje (Saunders *et al.* 1991).

Para predecir y valorar la función de los corredores en la disminución del "aislamiento" de los fragmentos, se necesita información sobre el movimiento de las especies individuales a través del paisaje. Esta información normalmente es costosa y difícil de obtener. No obstante, mientras estos datos pueden ser obtenidos, es necesario considerar el valor sobre el movimiento biótico y, por lo tanto, será importante retener una buena red de corredores donde sea posible (Harris y Scheck 1991; Saunders y Hobbs 1991b citado por Saunders *et al.* 1991).

Respecto a la recuperación de áreas, existen algunas recomendaciones sobre donde enfocar esfuerzos de restauración de áreas boscosas (Laurence *et al.* 1997). En este sentido, se plantean las siguientes áreas: ecosistemas de poca representatividad relativa, corredores entre fragmentos boscosos, bordes de fragmentos boscosos y cursos de agua. Además, la sucesión vegetal es considerada como la restauración más barata que puede haber, por lo tanto será importante comenzar a considerar las áreas cubiertas por bosques secundarios e incluir a estos en programas de protección y recuperación.

En el mapa de zonificación (Figura 23) es posible apreciar la importancia de los aspectos de la ecología del paisaje en la determinación de restricciones para el manejo forestal. La agrupación de áreas de bosques y la definición de corredores, que resultan en estructuras con importancia funcional (corredores biológicos) se considera fundamental para mitigar los efectos de la fragmentación. Estos aspectos se encuentran íntimamente relacionados a con la conectividad o aislamiento de las poblaciones. Las áreas próximas a los ríos son también consideradas especialmente para la planificación del manejo forestal, y las restricciones para el mismo. Estas áreas definen estrechos corredores ampliamente distribuidos en el área de estudio y también son importantes aportes a la conectividad.

En esta clasificación, igual que lo ocurrido en la clasificación de áreas a escala local, la mayor superficie corresponde, a manejo forestal, pero en este caso representa aproximadamente un 36 % del área de estudio (Cuadro 19). Esta superficie corresponde tanto a bosques primarios como a bosques secundarios. Por otro lado, un poco más del 22% de la superficie fue asignada a áreas de protección y cerca de un 21% correspondió a áreas de recuperación.

Cuadro 19: Zonas críticas al nivel de paisaje Superficie (ha) y proporción de las áreas. El “% clasificado” se refiere a la superficie de bosque (primario y secundario) más las áreas consideradas para las restricciones ambientales (áreas <200 metros de los ríos y pendientes >30 %) que actualmente no presentan bosques. El “% del total” se aplica sobre la superficie total del área de estudio.

Zonas	Superficie (ha)	% clasificado	% del total
Manejo	35054.2	45.55	36.12
Protección	21691.2	28.19	22.35
Recuperación	20210.5	26.26	20.82
Total clasificado	76955.9	100.00	79.30
Total área de estudio	97050		

En esta zonificación, los bosques de *Pentaclethra* dominan en superficie (49.2%), aunque también es muy importante la superficie de bosques secundarios (38.3%) (Cuadro 20). Por lo tanto, como ocurrió a escala local, las especies importantes 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*, representando en conjunto más del 55% del IVI (11.7 AB).



Figura 23: Mapa de áreas críticas al nivel de paisaje

Cuadro 20: Superficie asignadas a manejo forestal según tipos de bosque al nivel de planificación del paisaje Superficie (ha) y proporción de las áreas (%).

Tipo de bosque	Superficie para manejo	
	Ha	%
Bosque Astrocaryum	922.9	2.6
Bosque Brosimum-Anacardium	2477.2	7.1
Bosque Dipteryx	994.1	2.8
Bosque Pentaclethra	17231.8	49.2
Bosque Secundario	13428.2	38.3
Total	35054.2	100.0

Se comprobó la importancia de los aspectos del paisaje para realizar la zonificación del área de estudio. Se puede observar en el mapa la distribución de áreas y la configuración espacial de las mismas. Por lo tanto, los aspectos considerados del paisaje, implican un 57 % de la superficie para protección. Estas áreas corresponden a bosques secundarios, en su mayor parte en la clase de pendientes entre 0 – 15 %. La distancia a los ríos implica un 42.5 % de la superficie de protección, y las pendientes fuertes (>30%) solo representan el 0.5% de las áreas de bosques asignadas a protección (Cuadro 21).

En las áreas con restricciones por pendientes elevadas, los bosques de **Brosimum-Anacardium**, como ocurrió en la zonificación local, son importantes en forma proporcional (26.4%) luego de los bosques secundarios (51.6 %). En las áreas para protección por cercanía a los ríos, las pendientes intermedias inferiores (15 – 30 %), además de los bosques secundarios (37.1%), también son importantes las superficies de bosques de **Pentaclethra** (37.8%) y de **Brosimum-Anacardium** (25 %). En cambio, para las pendientes inferiores (0 – 15 %), el bosque de **Pentaclethra** (46.6 %) es el mas importante junto a los bosques secundarios (49.3 %).

Del mismo modo, los aspectos del paisaje son relevantes en cuanto a la cantidad de superficie destinada a recuperación, con casi un 65.5% de la misma. Mientras la distancia a los ríos determina un 32 % de las restricciones, y las pendientes fuertes solamente un 2.4% de las mismas (Cuadro 22).

Cuadro 21: Superficie asignadas a protección según tipos de bosque al nivel de planificación. El % entre paréntesis de la última columna indica la proporción respecto al área total de protección

Restricción	Tipo de bosque	Superficie para protección	
		ha	%
Pendiente > 30 %	Astrocaryum	5.4	5.1
	Brosimum-Anacardium	28.1	26.4
	Pentaclethra	18.0	16.9
	Bosque Secundario	55.0	51.6
Total		106.5	100 (0.5%)
Distancia a ríos <200			
Pendiente 15 – 30 %	Brosimum-Anacardium	385.9	25.0
	Dipteryx	1.6	0.1
	Pentaclethra	583.6	37.8
	Bosque Secundario	573.9	37.1
Total		1545.1	100 (7.2%)
Pendiente 0 a 15 %	Astrocaryum	186.2	2.5
	Brosimum-Anacardium	106.1	1.4
	Dipteryx	16.1	0.2
	Pentaclethra	3524.6	46.6
	Bosque Secundario	3731.1	49.3
Total		7564.0	100 (35.3%)
Aspectos del paisaje			
Pendiente > 30 %	Bosque Secundario	195.9	1.6
Pendiente 15 – 30 %	Bosque Secundario	2715.6	22.2
Pendiente 0 a 15 %	Bosque Secundario	9526.2	77.8
Total		12241.8	100 (57%)
Total protección		21457.4	

Cuadro 22: Superficie asignada a recuperación según el nivel de planificación paisaje

Restricción	Superficie para recuperación	
	Ha	%
Pendiente > 30 %	481.5	2.4
Distancia a ríos <200		
Pendiente 0 a 15 %	5780.4	28.6
Pendiente 15 - 30 %	704.2	3.5
Aspectos del paisaje	13244.4	65.5
Total	20210.5	100.0

Otro aspecto considerado para la determinación de restricciones para el manejo fue la superficie que presentan los distintos tipos de bosques y su representatividad en el paisaje. Los bosques menos representados fueron: **Astrocaryum**, **Dipteryx** y **Brosimum-Anacardium**. Como fue descrito anteriormente (Acápite 4.2), estos bosques se relacionan con situaciones ambientales particulares, las cuales están poco representadas en el área de estudio. Así, los bosques de **Astrocaryum**, **Dipteryx** se relacionan con suelos de mala condición de drenaje y **Brosimum-Anacardium** con suelos pocos profundos y altas pendientes.

De estos tres tipos de bosques, los dos primeros fueron considerados los más comprometidos debido a dos razones fundamentales. La primera de estas es que estos bosques presentan menos de la mitad de la superficie que el bosque de **Brosimum-Anacardium** (corresponde a un 9.4% de la superficie de bosque primario) y la segunda, que sobre la base de los criterios previamente utilizados, a estos se les asigna muy poca área de protección (Ver figura 24). Por lo tanto, se considera de relevancia asignar estos bosques a protección o a una categoría especial de manejo forestal con el fin de garantizar su conservación (Acápite 3.6.2).

Sin considerar los aspectos de representatividad de los tipos de bosques fueron definidas unas 520.1ha de protección para el bosque de **Brosimum**, unas 191.6ha para **Astrocaryum** y 17.7ha para **Dipteryx**. Con base en lo planteado en el párrafo anterior, se determinó incluir las áreas totales de estos tipos de bosque como áreas de protección, totalizando de esta forma unas 1100ha para **Astrocaryum** y 1000ha para **Dipteryx** respectivamente. De este modo, se incorporan 1890 ha de bosques a la categoría de protección.

Por lo tanto, finalmente fueron asignadas unas 33163.5ha (43.09% del área involucrada) a manejo forestal, unas 23581.9ha (30.64%) a protección, y unas 20210.5 (26.26%) a recuperación.

4.9 Determinación de áreas prioritarias

Fueron definidos dos niveles de prioridad según los criterios planteados para caracterizar la presión sobre los bosques (Acápite 3.7). Las áreas de **prioridad 1** totalizaron una superficie de 2200 ha, mientras que aquellas de **prioridad 2** resultaron ser unas 9700ha. Por lo tanto, sumando los dos tipos de áreas se incluyen unas 11900ha (Cuadro 23, Figura 25). Estas son áreas que se encuentran bajo una fuerte presión y que, por lo tanto, necesitan ser consideradas en forma prioritaria.

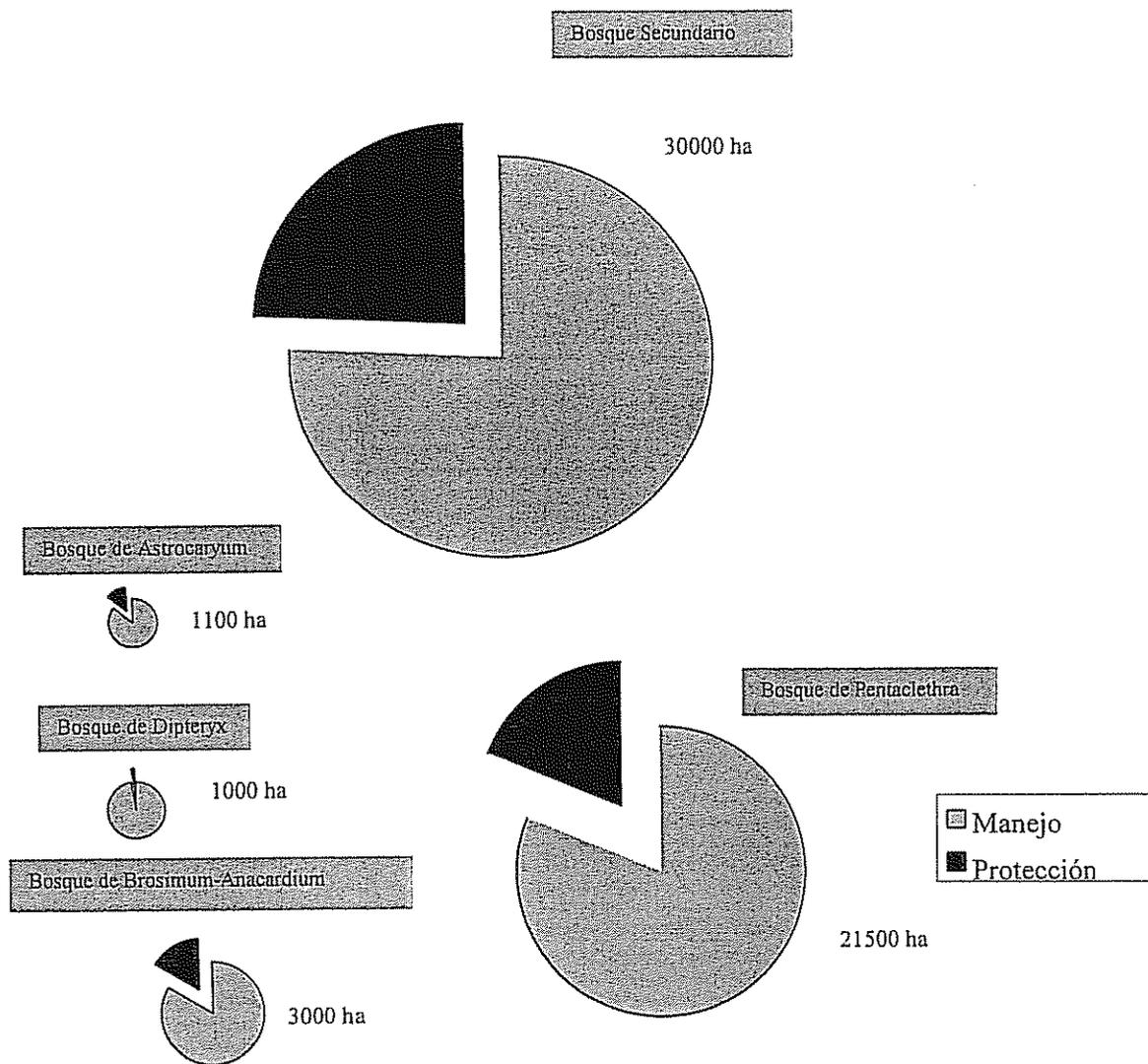


Figura 24: Representación de las áreas de tipos de bosques según correspondan a manejo o protección. El tamaño de las figuras fue hecho con una escala aproximada.

Cuadro 23: Superficies asignadas según su prioridad para manejo, protección o recuperación de bosques

Zonificación	Prioridad 1 Sup (ha)	Prioridad 2 Sup (ha)	Total Sup (ha)
Manejo	1106	4066	5172
Protección	609	3341	3950
Recuperación	485	2293	2778
Total	2200	9700	11900

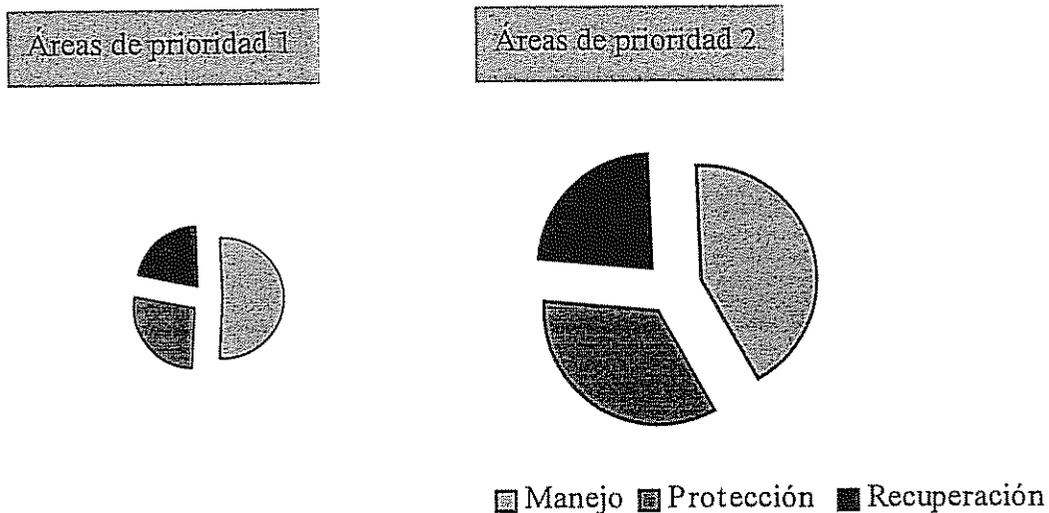


Figura 25: Gráfico de proporción de superficies asignadas a manejo, protección o recuperación de bosque para cada nivel de prioridad.

De las 2200 ha de prioridad 1, un 50.3% corresponde a áreas clasificadas para manejo forestal, un 27.7% para protección y un 22% para recuperación (Cuadro 21). Por otro lado, la prioridad 2 posee un 41.9% para manejo, un 34.4% para protección y un 23.6% para recuperación (Figura 25).

En cuanto a los tipos de bosques con aptitud para el manejo que se incluyen en estas áreas sobresale el bosque de *Pentaclethra*. Mientras que para protección se encuentran áreas importantes tanto de *Pentaclethra* como los bosques secundarios. En las figuras 27 y 28 se presentan, para las áreas prioritarias 1 y 2 respectivamente, las indicaciones de las áreas asignadas para manejo o protección por tipo de bosque.

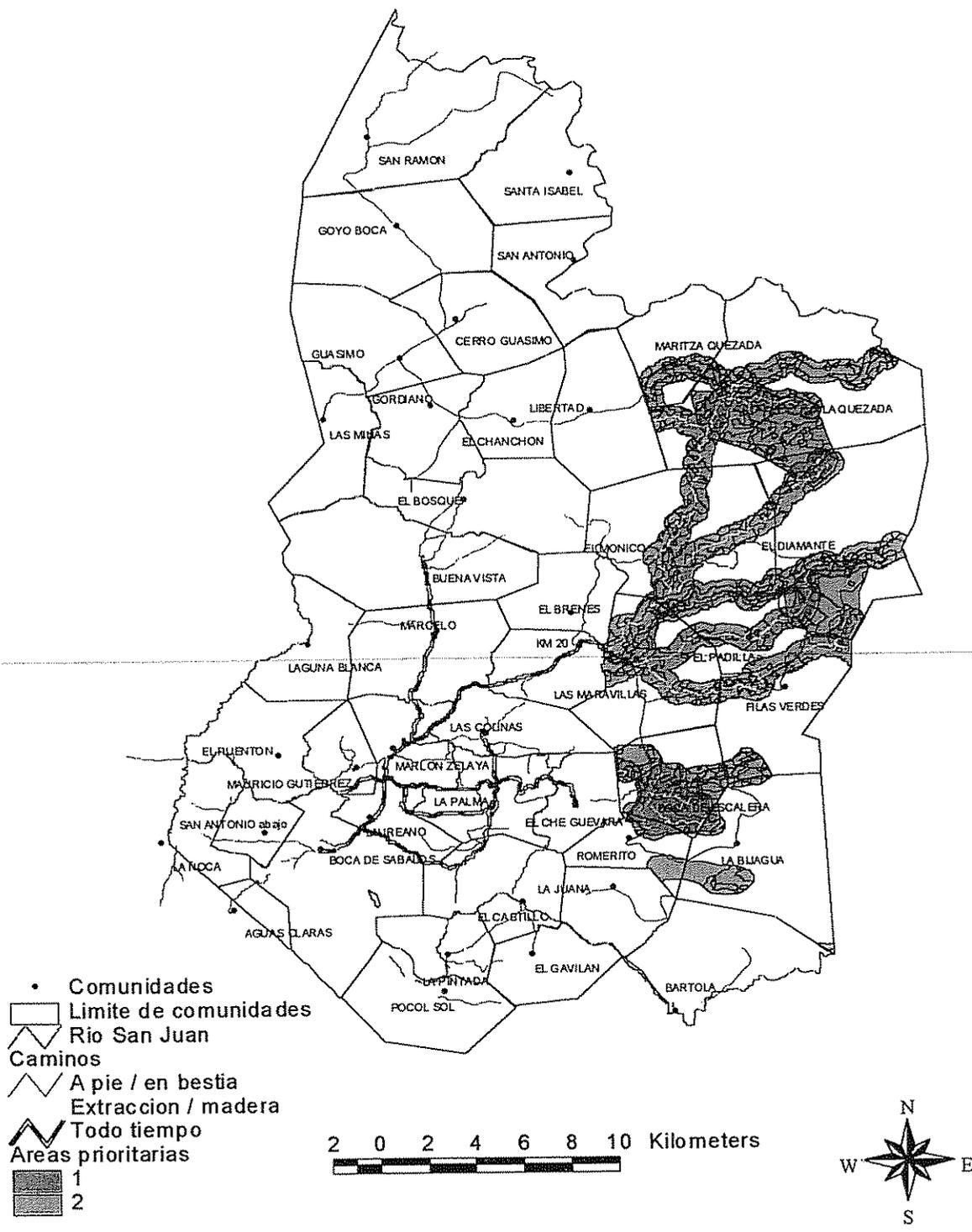


Figura 26: Mapa de áreas prioritarias. 1 y 2 indican el orden de importancia de las prioridades

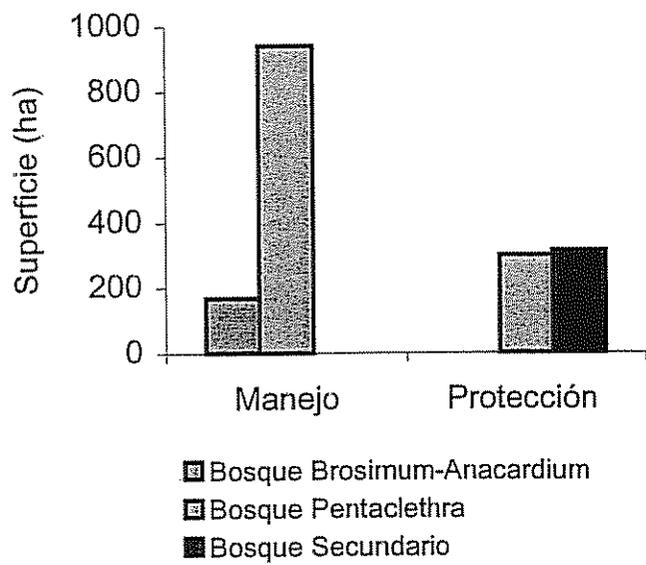


Figura 27: Áreas de manejo y protección por tipo de bosque que correspondió a prioridad 1

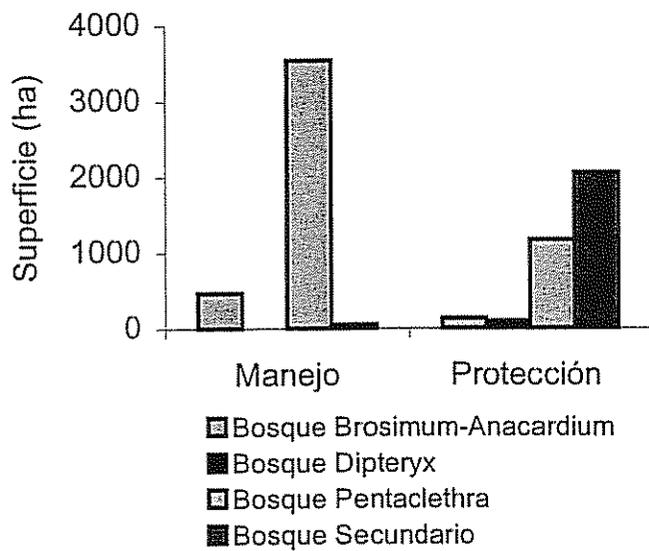


Figura 28: Áreas de manejo y protección por tipo de bosque que correspondió a prioridad 2

Estas áreas implican puntos donde enfocar los esfuerzos de manejo y conservación en forma prioritaria. Se observa que estas áreas se encuentran desde norte a sur ubicadas en las proximidades de las siguientes comunidades: En "Las Quezadas"; entre "Las Quezadas" y "El Diamante", en una zona conocida como "La Pimienta"; entre las comunidades de "El Padilla" y "El Diamante"; y finalmente hacia el sur entre las comunidades de "Boca de Escalera" y "Romerito".

Un aspecto importante a observar es que las áreas definidas como prioritarias, según consideraciones de presión sobre los bosques no incluyen superficie de los bosques de *Astrocaryum* e incluyen poca superficie de bosques de *Dipteryx*, ambos de baja representatividad espacial y considerados importantes para la conservación de la biodiversidad en la zona.

4.10 Comparación de los niveles de planificación

En la planificación local, las áreas de manejo fueron definidas por "defecto", es decir que son las áreas de bosque que no tienen restricciones ambientales para tal fin. Para el paisaje, estas áreas se planifican en función de su tamaño, de su ubicación espacial, la distancia a otros parches de bosques, mas allá de que no presenten restricciones ambientales (Acápite 3.6).

Por lo tanto, existen áreas de bosques que no fueron incluidos en la planificación de paisaje porque son parches pequeños y aislados, de acuerdo a los criterios utilizados para la determinación de las restricciones. Por ello, las áreas incluidas para manejo son menores a las definidas en la planificación local, aunque no difieren en gran magnitud. Las áreas de protección y recuperación son mayores en el análisis al nivel de paisaje. En la figura 29 se presenta la comparación entre las superficies asignadas para ambos niveles de planificación.

En el cuadro 21 se presentan los resultados del análisis de contingencia, siendo las columnas los valores correspondientes a las áreas asignadas por la planificación local, y las columnas a las asignadas por la planificación a escala de paisaje.

Se observa que una gran superficie corresponde a la clase cero "0", pero esto se debe fundamentalmente a la gran superficie del mapa que no corresponde al área de estudio, y en menor proporción a las áreas que no se consideran en uno y otro de los niveles de planificación comparados.

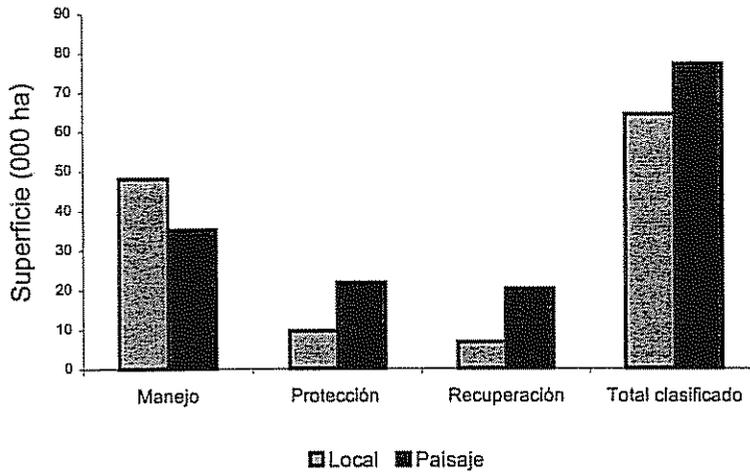


Figura 29: Comparación de superficies asignadas según los niveles de planificación

Cuadro 24: Valores de las proporciones en la "cross-tabulation". El valor cero "0" corresponde a las áreas llamadas "miscelaneas", es decir áreas que no son comunes entre los mapas comparados y áreas exteriores a la zona de interés.

Paisaje	Local				Total
	0	Manejo	Protección	Recuperación	
0	0.5134	0.0038	0	0	0.5172
Manejo	0	0.2209	0	0	0.2209
Protección	0	0.0765	0.0589	0	0.1354
Recuperación	0.0828	0.0016	0.0007	0.0413	0.1265
Total	0.5963	0.3028	0.0596	0.0413	1

Por ejemplo, en los totales se puede observar que la planificación local asignó mas superficies a manejo que a las otras categorías. Así mismo se puede ver que, si bien ocurre lo mismo en la planificación de paisaje, las proporciones son diferentes tal cual lo expresado anteriormente. Las unidades que se presentan aquí corresponden a porcentajes de los pixeles de los mapas comparados. También se puede ver como algunas áreas se asignan a diferentes categorías en los diferentes niveles de planificación.

En la planificación al nivel de paisaje se asigna un 27 % menos de superficie que al nivel local (un 14% del área de estudio). Además, no se agregan nuevas áreas de manejo, sino que todas las áreas de manejo al nivel de paisaje, también fueron áreas de manejo para el nivel local. El nivel de paisaje agrega un 13 % de área de protección y un 14% el área de recuperación del área de estudio.

manejo al nivel de paisaje, también fueron áreas de manejo para el nivel local. El nivel de paisaje agrega un 13 % de área de protección y un 14% el área de recuperación del área de estudio.

Esta prueba no tiene un test que permita comprobar la significancia de esta comparación a un cierto nivel de precisión. El "k" es un índice que debe compararse contra una escala definida, aunque esta claro que esta escala depende de los objetivos perseguidos y de la precisión requerida. Los valores de "k" se encuentran en el rango de 0 a 1, donde 0 indica ninguna coincidencia y 1 indica coincidencia total.

El índice de Kappa general para la comparación fue 0.7294. Según la escala de valoración del "K" propuesta por Landis y Koch (Abraira 2001), el grado de acuerdo en esta comparación es sustancial.

Aquí se considera, que si bien al índice calculado muestra semejanza entre los niveles de planificación comparados, las diferencias entre áreas asignadas a las diferentes categorías son muy importantes, como así también las diferencias que se dan en términos de distribución de las mismas, y los tipos de bosques que se incluyen en cada una de las categorías.

4.11 Potencial productivo de la zona

De acuerdo a los supuestos y consideraciones planteadas en la metodología, fue calculado el volumen de cosecha anual permisible (VCAP) para el municipio El Castillo en la Zona de Amortiguamiento de la Gran Reserva Indio - Maíz.

Con la proyección del área basal (G) entre clases diamétricas (ver distribución de G en Cuadro 25), según crecimiento y mortalidad, se obtuvo la proporción de G disponible para la segunda cosecha y la aprovechable en la primera cosecha, y a partir de estos fue calculado la intensidad de cosecha (IC). Inicialmente la IC fue estimada en un 10.3% empleando un DMC = 40 cm, pero por no resultar práctica una IC tan baja (Louman *et al.* 2001) se aumentó el DMC a 70 cm obteniéndose una IC= 86.5 % (Cuadro 26).

La IC es un promedio para todo el bosque de *Pentaclethra*, útil para este tipo de cálculo, pero para el aprovechamiento de un área particular será necesario revisar el IC para la unidad de manejo correspondiente.

Cuadro 25: Distribución diamétrica del Área basal (G) de las especies comerciales en el bosque de *Pentaclethra*. Los datos en el cuerpo de la tabla están dados en $m^2 ha^{-1}$

Especies/clase:DAP		30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-89	90-99	>100	Total
Nombre científico	N. común									
<i>Dialium guianense</i>	Tamarindo	0	0.09	0.60	0.67	0.30	0.34	0.90	0	2.88
<i>Dipteryx panamensis</i>	Almendro	0.13	0	0	0	0.27	0	0	0.95	1.35
<i>Tetragastris panamensis</i>	Kerosín	0.10	0.22	0	0.19	0	0	0	0	0.51
<i>Brosimum sp.</i>	Ojoche	0.25	0.24	0	0	0	0	0	0	0.49
<i>Pterocarpus rohrii</i>	Sangregrado	0.06	0	0.14	0.20	0	0	0	0	0.40
<i>Virola sp.</i>	Sebo	0.08	0.09	0	0.22	0	0	0	0	0.39
<i>Cordia dwyeri</i>	Laurel	0.08	0.09	0.15	0	0	0	0	0	0.31
Otras sp. comerciales		0.13	0.23	0	0.21	0	0	0	0	0.57
Total		0.83	0.95	0.88	1.48	0.57	0.34	0.90	0.95	6.90

En el cuadro 27 se presenta la distribución diamétrica de los volúmenes sobre la cual se aplica la IC para calcular los volúmenes aprovechables por hectárea para un ciclo de corta (CC).

Cuadro 26: Cálculo de la Intensidad de Cosecha (IC) El G disponible corresponde al área basal de la segunda cosecha, y G > DMC corresponde al área basal de la primera cosecha

Especies	G disponible	G > DMC (70 cm)	IC (%)
Actualmente comerciales	0.78	0.90	86.5

Los volúmenes aprovechables estimados para un CC suman $11.90 m^3 ha^{-1}$, y el VCAP por hectárea resultó ser de $0.79 m^3 ha^{-1} año^{-1}$. Finalmente, el VCAP para el municipio El Castillo se estimó en $13673.46 m^3/año$ para las 17231.8 ha asignadas a manejo para el bosque de *Pentaclethra* al nivel de paisaje. Si se incluye a *Pentaclethra macroleoba*, principal especie con potencial comercial y con existencias de G ($m^2 ha^{-1}$) muy importantes, el VCAP se estima en $3.28 m^3 ha^{-1} año^{-1}$ y en $56552.7 m^3/año$ para toda el área de bosque de *Pentaclethra* asignada a manejo forestal. Como puede observarse, la inclusión de esta especie afecta fuertemente a los valores calculados, y esto tiene implicancias en el manejo según los rendimientos de madera obtenidos.

Si no fueran considerados algunos aspectos de la planificación al nivel de paisaje y se realizara la planificación de acuerdo a criterios locales, el área de manejo asignada para lo bosque de *Pentaclethra* sería de 17737 ha, que si bien no es mucho más grande que el determinado al nivel de paisaje,

incrementaría el VCAP a 14074.3 m³/año. Pero en realidad, la diferencia más importante entre los niveles de planificación está dada por la superficie de los otros tipos de bosques que se incluirían para el cálculo de los volúmenes aprovechables. Por ejemplo, al nivel local se incluirían 1016.5 ha del bosque de *Dipteryx* y 1142.5 ha del bosque de *Astrocaryum*.

Cuadro 27: Distribución diamétrica del volumen de las especies comerciales en el bosque de *Pentaclethra*. Los datos en el cuerpo de la tabla están dados en m³ ha⁻¹

Especies/clase DAP		30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-89	90-99	100	Total
Nombre científico	N. común									
<i>Dialium guianense</i>	Tamarindo	0	0.62	4.21	4.66	2.07	2.35	6.28	0	20.17
<i>Dipteryx panamensis</i>	Almendro	0.88	0	0	0	1.90	0	0	6.68	9.45
<i>Tetragastris panamensis</i>	Kerosín	0.71	1.52	0	1.32	0	0	0	0	3.54
<i>Brosimum sp.</i>	Ojoche	1.76	1.69	0	0	0	0	0	0	3.44
<i>Pterocarpus rohrii</i>	Sangregrado	0.45	0	0.95	1.41	0	0	0	0	2.81
<i>Virola sp.</i>	Sebo	0.56	0.62	0	1.55	0	0	0	0	2.72
<i>Cordia dwyeri</i>	Laurel	0.53	0.62	1.03	0	0	0	0	0	2.18
Otras sp. comerciales		0.91	1.62	0	1.46	0	0.00	0	0	3.99
Total		5.79	6.68	6.19	10.39	3.96	2.35	6.28	6.68	48.31

Solo se consideraron los bosques de *Pentaclethra* para el cálculo de VCAP, pero se recuerda que los bosque de *Brosimum-Anacardium* presentan 2477.2 ha asignadas para manejo a nivel de paisaje. Si bien estos bosques presentan un G (m² ha⁻¹) menor de especies comerciales y potencialmente comerciales (la suma es aproximadamente 4 m² ha⁻¹), estos podrían aportar volumen aprovechable e incrementar de este modo el VCAP, aunque en pequeña magnitud.

Un aspecto importante a observar es que los permisos otorgados para aprovechamiento en El Municipio para el período 1999-2000 (MARENA 2000) suman un volumen igual a 35359 m³. Del total, unos 16623 m³ corresponden a aprovechamiento Plynic y SOSmadera, 14929.4 m³ a permisos menores mas una diferencia correspondiente a ajustes de los cálculo según la publicación citada.

Por lo tanto, es posible identificar las limitaciones del área en cuanto a potencial productivo y la fuerte presión del aprovechamiento actual que supera los volúmenes recomendables según los cálculos planteados anteriormente. Si bien, tanto los valores calculados aquí, como los presentados por MARENA presentan un nivel de imprecisión mas o menos importante, se considera que esta comparación es indicativa de una situación de conflicto y pone de manifiesto la necesidad de tomar en cuenta estos aspectos y de generar mas información que permita verificar estas apreciaciones, de este modo, sea posible tomar medidas de planificación mas adecuadas según esta realidad.

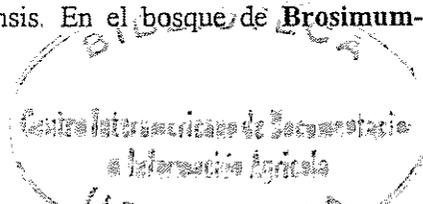
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Tipos de bosque:

- Existe variación en la composición florística relacionada con diferentes condiciones de drenaje del suelo y pendiente del terreno en la Zona de Amortiguamiento de la Gran Reserva Indio-Maiz del Municipio El Castillo.
- Fueron identificados cuatro tipos de bosques según su composición florística al nivel de paisaje. En suelos profundos bien drenados se encontraron bosque de **Pentaclethra**, donde las especies más importantes (% IVI) fueron *Pentaclethra macroloba* (Gavilán); *Dialium guianense* (Tamarindo) y *Dipteryx panamensis* (Almendra). En los suelos profundos medianamente bien drenados se encontraron bosques de **Dipteryx**, donde *Dipteryx panamensis*; *Dialium guianense* y *Tetragastris panamensis* (Kerosin) fueron las especies más importantes. En suelos profundos mal drenados se hallaron bosques de **Astrocaryum** con *Astrocaryum alatum* (Casca); *Carapa guianensis* (Cedro macho) y *Pterocarpus rohrii* (Sangregrado) como especies más importantes. Finalmente en los suelos poco profundos se presentaron los bosques de **Brosimum-Anacardium** donde las especies más importantes fueron *Brosimum sp* (Ojoche), *Dialium guianense* y *Luehea seemannii* (Guacimo). Por lo tanto, esta clasificación de bosques por características biofísicas y por composición florística, tiene implicancias para el manejo forestal en virtud de las diferentes especies comerciales que presentan los diferentes tipos de bosque y de las condiciones ambientales que favorecen al manejo y aprovechamiento de los mismos. Así por ejemplo, los bosques de **Astrocaryum** no presentan individuos en la clases diamétricas mayores y los bosques de **Dipteryx** presentan una gran cantidad de área basal de individuos sobremaduros, por lo tanto el manejo y la silvicultura de estos bosques será muy deferente.
- Si bien los bosques del área sufrieron grandes perturbaciones antropogénicas en el pasado, los mismos presentan estructura y composición comparable con otros bosques tropicales, tales como los de la zona norte de Costa Rica
- Los bosques presentan especies comunes para todos los tipos de bosques, pero también especies características de un tipo de bosque. Así, considerando las diez especies más importantes (% IVI) por tipo de bosque, *Dialium guianense* aparece en todos los tipos de bosque. *Pentaclethra macroloba*, *Dussia macrophyllata* (Canjuron), *Croton smithianus* (Algodón) y *Virola sp.* (Sebo) se presentan

solo en el bosque de **Pentaclethra** *Anacardium excelsum* (Espavel) *Terminalia* sp. (Guayabo de charco), *Guarea* sp. (Pronto alivio), *Protium* sp. (Alcanfor), *Hura crepitans* (Jabillon), *Casearia sylvestris* (Polvora) y *Pouteria* sp. (Zapotillo), se presentan solo en los bosques de **Brosimum-Anacardium**. Por otro lado, *Astrocaryum alatum*, *Vochysia ferruginea* (Botarrama) y *Lacmellea panamensis* (Leche de vaca) aparecen solo en el bosque de **Astrocaryum**. Finalmente *Simarouba amara* (Acetuno), *Cespedesia macrophylla* (Tabacon) e *Inga* sp. (Guabo) aparecen únicamente el bosque de **Dipteryx**.

- Los bosques clasificados no presentan diferencias estadísticas significativas en cuanto a densidad de número de individuos y área basal, sin embargo los bosques de **Astrocaryum** y **Pentaclethra** presentaron la mayor densidad de árboles y el bosque de **Astrocaryum** la mayor densidad de palmas, debido a la presencia de *Astrocaryum alatum*. El bosque de **Brosimum-Anacardium** es el que presenta los valores mas altos área basal.
- El mayor número de individuos se concentra en las clases diamétricas inferiores. Esta distribución define una curva con forma de J invertida, la cual es característica de los bosques primarios. Pero aquí se presenta una diferencia importante entre los tipos de bosques. Mientras los bosque de **Pentaclethra** presentan el tipo de distribución de J invertida, como así también los bosques de **Brosimum-Anacardium**, no ocurre lo mismo par los otros tipos de bosque. El G se distribuye en forma mas o menos uniforme e en todas las clases para los bosques con distribución de J invertida de individuos. Estas características implican aspectos favorables para el manejo de estos bosques, aunque esta claro que para tener precisión sobre que especies manejar es necesario conocer las distribuciones de especies individuales. El bosque de **Dipteryx** presenta un G muy importante en las clases mayores y representa un importante volumen en individuos sobremaduros que no aportan madera y afectan el crecimiento de árboles aprovechables actualmente o en el futuro. Esta distribución de G, se explica fundamentalmente debido a la presencia de individuos grandes de *Dipteryx panamensis*, especie que no ha sido aprovechada en el pasado. El bosque de **Astrocaryum** prácticamente no presenta G en las clases mayores. Esto se explica tanto por la características del sitio que limita el crecimiento como al aprovechamiento pasado que pudo haber afectado a los individuos de gran tamaño de las especies comerciales, tales como *Carapa guianensis*.
- Entre las especies comerciales en el bosque de **Pentaclethra** se encuentra *Tetragastris panamensis*, *Pterocarpus rohrii* y *Virola* sp. , y entre las consideradas potencialmente comerciales están *Pantaclethra macroloba*, *Dialum guianense* y *Dipterix panamensis*. En el bosque de **Brosimum-**



Anacardium se presentan *Terminalia sp.* y *Guarea sp.* como especies comerciales y solo *Dialium guianense* de las potenciales. El bosque de *Astrocaryum* presenta a *Carapa guianensis*, *Pterocarpus rohrii*, *Vochysia ferruginea* y *Terminalia sp.* como especies comerciales y además a *Dialium guianense* y *Dipteryx panamensis* como potenciales. Finalmente, el bosque de *Dipteryx* presenta *Tetragastris panamensis*, *Simarouba amara* y *Carapa guianensis* por un lado, y *Dipteryx panamensis* y *Dialium guianense* como comerciales y potencialmente comerciales respectivamente.

- Considerando únicamente las especies comerciales el bosque de **Astrocaryum** presenta una mayor proporción de área basal, pero si se incluyen también las potenciales entonces los mayores valores corresponden a los bosques de **Pentaclethra** y **Dipteryx**.
- Además, de estas consideraciones, el bosque de **Astrocaryum** se presenta en suelos mal drenados lo que implica un aspecto negativo en cuanto a las posibilidades y características del manejo y aprovechamiento. Los bosques de **Pentaclethra** y **Dipteryx** se desarrollan en suelos más favorables para el manejo.
- Para el manejo y el aprovechamiento de los distintos tipos de bosques se recomienda comenzar a considerar las especies potencialmente comerciales porque se prevé que en un futuro no muy lejano, estas especies se transformen en especies comerciales. Dichas especies son comercializadas actualmente en Costa Rica, lo cual implica un aspecto fundamental en función de los vínculos comerciales que existen actualmente.
- Si bien es posible diferenciar tipos de bosques en función de las variables del suelo utilizadas, se reconoce que existen variaciones de la vegetación que no se explican con dichas variables. Se recomienda, para futuros trabajos profundizar más sobre la relación entre composición de los bosques y tipos de suelos. Se recomienda la realización de estudios que incluyan variables tales como la taxonomía de los suelos, la fertilidad, etc.
- La identificación de tipos de bosque definidas aquí no debe aplicarse a escala pequeña, ya que un conjunto de variables, tales como el micrositio, la dinámica de poblaciones, aprovechamientos, etc. pueden determinar variaciones importantes a pequeña escala. Por lo tanto, 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.

- Basándose en la clasificación en tipos de bosques realizada en este trabajo, se recomienda continuar recolectando e incorporando información homogénea de inventarios forestales, de modo tal de ir logrando una clasificación mas refinada y depurada. Se sugiere homogeneizar los criterios y sistematizar la información en el ámbito de la alcaldía, pues en la actualidad es muy difícil acceder a dicha información.
- Se recomienda también realizar estudios que permitan caracterizar con mayores niveles de certeza la composición de los bosques.
- Los resultados de este estudio contribuyen al conocimiento de los bosques de la Zona de Amortiguamiento de la Gran Reserva Biológica Indio- Maíz en el ámbito del Municipio El Castillo, y se pretende que constituyan una herramienta para el manejo y la conservación de los recursos forestales del área.

Cobertura de bosques:

- Los bosques secundarios dominan el paisaje con un 48.5%, mientras que los bosques primarios le siguen en importancia de cobertura con un 28.8% de la superficie en el área de estudio. Si bien en este trabajo no se caracterizó a los bosques secundarios, y por lo tanto, se tiene poca información de su composición, estructura, y estado de desarrollo, se considera que estos bosques están adquiriendo cada vez mas importancia en el área. Aunque se presume que gran parte de estos bosques presentan actualmente un estado juvenil, se considera que pueden llegar a ser de suma importancia para el manejo y aprovechamiento de recursos en un futuro próximo. Se considera pues que futuros estudios deberían orientarse hacia estos bosques.
- El bosque de *Pentaclethra* domina en términos de superficie dentro del área de estudio, y además presentan los parches más grandes. Los bosques menos representados en el área son *Dipteryx* y *Astrocaryum*. La ocurrencia de tipos de bosques mejor representados, en términos de superficie, hace que presenten diferente importancia para el manejo o la protección. Así, estos tipos deberían ser especialmente considerados cuando se planifica el manejo de los bosques o el uso de los recursos en general.
- En el área se presenta una gran cantidad de parches muy pequeños, los cuales aportan muy poca superficie de bosque, pero no implica que no sean importantes desde el punto de vista ecológico. De

hecho no solo se considera importante mantener esas áreas sino que también sería interesante incrementar el número de árboles en áreas llamadas "fuera del bosque".

- Los parches de tamaño mediano son los más abundantes, pero la mayor superficie la aportan los parches grandes. **Astrocaryum** no presenta parches de esta categoría.
- Con respecto al efecto de borde, los bosques de **Brosimum-Anacardium** y de **Astrocaryum**, presentan las proporciones más importantes de áreas de borde, debido a que son los bosques con mayor fragmentación y con parches más pequeños.
- Se recomienda iniciar actividades que permitan recuperar muchas de las áreas con fragmentos de tamaños intermedios y así minimizar los efectos de bordes. Muchas especies son sensibles a dichos efectos y requieren de hábitat interior. Esto permitirá mejorar la conservación de la biodiversidad, aún en áreas de manejo forestal.
- A pesar del estado de fragmentación en que se encuentran los bosques, de todos modos existe una continuidad aceptable. Pero, si los procesos de fragmentación continúan verificándose en el área, estos valores van a disminuir, pudiendo llegar a comprometer la supervivencia de poblaciones de especies arbóreas y de otras especies vegetales y animales. Estos aspectos se consideran relevantes para la determinación de criterios para definir áreas con importancia para el manejo, la protección o la recuperación al nivel de paisaje.
- Se recomienda mantener la superficie de bosques con el fin de fijar los efectos de borde. Minimizar las perturbaciones tales como la entrada de ganado, la cacería, extracción de madera, etc., en áreas más sensibles o en fragmentos intermedios. Se considera relevante relacionar a los aspectos de manejo y conservación programas de educación y de asistencia técnica a los pobladores y productores, de forma tal que estos puedan entender y ser parte de estos procesos. Como así también se recomienda implementar programas de asistencia técnica y financiera para activar procesos de manejo y conservación.

Restricción al manejo:

- La planificación al nivel local, asigna un 50% del área a manejo forestal. La única restricción considerada para esto es que los bosques primarios y secundarios no presenten restricciones ambientales. Un 10% de la superficie fue asignada a áreas de protección y aproximadamente un 7%

correspondió a áreas de recuperación. Estas últimas, representan áreas próximas a los ríos o en pendientes elevadas que actualmente no presentan cobertura forestal. El porcentaje restante corresponde a otros usos “no forestales”. Mientras los ríos y la red de drenaje determinan un 93 % de la superficie de restricción al manejo, las pendientes fuertes solo influyen con un 7 % de la misma.

- La mayor parte del área asignada a manejo corresponde a bosque secundario, aunque también fue muy importante la superficie de bosque de **Pentaclethra**. Por lo tanto, las especies más importantes para el aprovechamiento en los bosques, considerando especies comerciales y potenciales son: *Tetragastris panamensis*, *Pterocarpus rohrii*, *Virola sp.*, *Pentaclethra macroloba*, *Dialium guianense* y *Dipteryx panamensis*, cuyas existencias suman unos $14 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ en el bosque de **Pentaclethra**.
- Se determinó la importancia de la ecología del paisaje para determinar criterios de restricción al manejo forestal. El enfoque a escala de paisaje permite incorporar aspectos relevantes para el manejo y la conservación de los bosques. En este trabajo permitió agrupar áreas de bosque, definir de corredores para mitigar los efectos de la fragmentación, considerar la “conectividad” de los bosques y el aislamiento de las poblaciones. Por otro lado, se consideró la red de drenaje y la vegetación asociada a esta como un importante aporte de conectividad, ya que estas áreas definen estrechos corredores ampliamente distribuidos en el área de estudio. Este concepto va mucho más allá de reconocer como “áreas frágiles” a aquellos suelos a poca distancia de los ríos, aspecto que se relaciona o aplica más con la escala local.
- La distribución de áreas y la configuración espacial de las mismas difieren entre los niveles de planificación.
- En la planificación al nivel de paisaje la mayor superficie corresponde a manejo forestal con un 36 % del área de estudio, un poco más del 22% de la superficie fue asignada a áreas de protección y cerca de un 21% correspondió a áreas de recuperación. En esta zonificación, los bosques de **Pentaclethra** dominan en superficie.
- La planificación al nivel de paisaje incorpora áreas de bosques secundarios para protección y áreas que actualmente no poseen bosques para ser recuperadas con el fin de disminuir los efectos negativos de la fragmentación de los bosques.

- Se recomienda proteger la vegetación secundaria en las áreas identificadas como importantes. La vegetación secundaria tiene importancia propia por las especies que la constituyen, pero también porque es parte del proceso de sucesión natural que culmina en la recuperación de los bosques.
- La planificación al nivel de paisaje permite considerar representatividad de superficie en el paisaje de los tipos de bosque. Así, los bosques de **Astrocaryum**, **Dipteryx** y **Brosimum-Anacardium** presentan mucha menor área que los bosques de **Pentaclethra**. De todos modos el bosque de **Brosimum-Anacardium**, que se presenta en suelos poco profundos, asociados con laderas de pendientes fuertes, presenta gran parte de su superficie como área de protección. Por lo tanto, los otros tipos de bosques fueron incluidos como áreas de protección o como categoría especial de manejo forestal, con el fin de garantizar su conservación. Si no se consideran los aspectos de representatividad de los tipos de bosques en el paisaje, se estaría poniendo en peligro la conservación de esos tipos de bosque en la zona

Áreas prioritarias:

- Las áreas de prioridad 1 totalizaron una superficie de 2200 ha, mientras que aquellas de prioridad 2 resultaron ser unas 9700ha. Estas áreas implican puntos donde enfocar los esfuerzos de manejo y conservación en forma prioritaria. Las áreas están ubicadas en las proximidades de las siguientes comunidades: En "Las Quezadas"; entre "Las Quezadas" y "El Diamante", en una zona conocida como "La Pimienta"; entre las comunidades de "El padilla" y "El Diamante"; y finalmente hacia el sur entre las comunidades de "Boca de Escalera" y "Romerito".
- Con base en la zonificación realizada y a la definición de áreas con diferente aptitud, se recomienda identificar a los propietarios para planificar los procesos que permitan acercarse al manejo sostenible y recuperar áreas degradadas para incorporarlas en un futuro a la vida productiva de los propietarios y pobladores de la zona. Las áreas prioritarias deben recibir planes de incentivos o planes de compensación que permitan cambiar la inercia e iniciar los procesos de recuperación. Se sugiere aquí implementar pagos por servicios ambientales, planes de educación, incentivos para aplicación de sistemas agroforestales, viveros, etc.
- Un 50.3% del área de prioridad 1 corresponde a áreas clasificadas para manejo forestal, un 27.7% para protección y un 22% para recuperación. Por otro lado, la prioridad 2 posee un 41.9% para manejo, un 34.4% para protección y un 23.6% para recuperación

- En cuanto a los tipos de bosques con aptitud para el manejo que se incluyen en estas áreas sobresale el bosque de **Pentaclethra**. Mientras que para protección se encuentran áreas importantes tanto de **Pentaclethra** como los bosques secundarios.
- Un aspecto importante a observar es que las áreas definidas como prioritarias, según consideraciones de presión sobre los bosques no incluyen superficie de los bosques de **Astrocaryum** e incluyen poca superficie de bosques de **Dipteryx**, ambos de baja representatividad espacial y considerados importantes para la conservación de la biodiversidad en la zona.
- La planificación local asignó mas superficies a manejo que a las otras categorías. Así mismo, se puede ver que, si bien ocurre lo mismo en la planificación de paisaje, las proporciones son diferentes tal cual lo expresado anteriormente.

El proceso de planificación:

- La planificación al nivel de paisaje debe interactuar con la planificación al nivel local. Pero la primera, por tener la capacidad de incorporar elementos importantes para el manejo y la conservación de los bosques que se le escapan a la planificación local, es muy útil para definir objetivos a gran escala y definir estrategias para la aplicación posterior de la planificación local. De este modo el manejo local podrá ser articulado en el marco de los objetivos y estrategias que se planteen al nivel de la Zona de Amortiguamiento de la Gran Reserva Biológica Indio – Maíz en el municipio El Castillo.
- Se recomienda realizar la planificación al nivel de paisaje y a partir de esta definir las estrategias a aplicar al nivel local. Así los planes de manejo forestal se ajustarán según las directivas generadas a un nivel de planificación superior y aportarán, de este modo, a los objetivos estratégicos de la región además de cumplir con sus objetivos productivos particulares. Además la planificación al nivel de paisaje permitirá evaluar la viabilidad de planes de manejo y actividades productivas en el área. Se espera, de este modo, mejorar el manejo y conservación de los bosques en la Zona de Amortiguamiento en el municipio. Pero se considera que será necesario plantear este mismo tipo de enfoque mas allá de la jurisdicción municipal, integrando el área total de la Zona de Amortiguamiento con una visión mucho mas integral a nivel regional.

- Es necesario avanzar en la definición mas precisa de los volúmenes de corta aprovechables (VCAP), con el fin de asegurar que los aprovechamientos forestales no sobrepasen la capacidad del área. Esto permitirá lograr no solo la sostenibilidad del manejo forestal en la región, sino también la conservación de los recursos forestales en el área.

- Se recomienda utilizar la información generada en este trabajo sobre tipos de bosque clasificados, asignaciones de áreas para manejo, protección y recuperación, como así también a las áreas prioritarias y los VCAP definidos al nivel de planificación de paisaje. Todos estos elementos son nuevos para la zona y, por lo tanto, constituyen una información relevante que, si bien es necesario pulir y enriquecer con futuros estudios y trabajos, puede comenzar a aplicarse en los procesos de planificación y como base para la definición de las estrategias de manejo en el municipio El Castillo.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Abraira, V. 2001. El Índice de Kappa. Nota estadística de la Unidad de Bioestadística Clínica. Hospital Ramón y Cajal. Madrid. Volumen 27 – Nº 05 p 247 – 249.
- Alcaldía de El Castillo. 1996. Plan de Ordenamiento territorial del Municipio de El Castillo. Boca de Sábalos, El Castillo, Río San Juan. Nicaragua.
- Artavia, M. 1993. Informe sobre identificación de especies, en las parcelas 1, 2, 3, 4, 5 y 6, en La Lupe, Nicaragua.
- CAPS- AGROSERVICIO Y ECFOR. 1998/1999. Plan Operativo Anual, "Las Quezadas" (Fabián Borge, 24.51 ha).
- Carmo, A. 2000. Evaluación de un paisaje fragmentado para la conservación y recuperación de biodiversidad – Area Demostrativa Mirafior Moropotente, Estelí, Nicaragua. Tesis de Maestría. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 137p.
- Castañeda, A., Castillo, A., Sabogal, C. y Carrera, F. 1994. Aprovechamiento mejorado en el bosque húmedo tropical. Estudio de caso en el sitio "Los Filos" en Río San Juan, Nicaragua. UCA, CATIE, SAREC. Documento Técnico Nro 2.
- Castañeda, A. y Mendoza, B. 1998. Inventario comercial, muestreos: diagnóstico de la regeneración natural, silvicultural y remanencia en el área de la Empresa Nueva Holanda, La Quezada, Río San Juan. SOSmadera.
- Castillo, A. y Camacho, M. 1997. Dinámica de la población en el bosque húmedo tropical en Río San Juan, Nicaragua.
- Castillo Urbina, A. 1997. Factores asociados con el crecimiento de dos bosques húmedos tropicales intervenidos silviculturalmente en Río San Juan, Nicaragua. Tesis de Maestría, CATIE, Costa Rica.
- Castillo Urbina, A. 1999. Medición de Parcelas permanentes y análisis de la información en los sitios La Lupe y Los Filos, Río San Juan, Nicaragua. Informe de Consultoría. Proyecto Transforma. CATIE, Costa Rica.
- Castillo, A.; Simón, M. y Reyes, C. 1996. Plan general de manejo forestal "Las maravillas", Río San Juan, Nicaragua.
- Chavarria, A. Plan de Manejo Forestal "Los Oporta" (2000-2005). Comunidad Marlon Zelaya, Municipio El Castillo.
- Consultores Forestales S. A. (COFORSA). 2000. Plan General de Manejo Forestal Empresa Plywood de Nicaragua. Propietarios: 54 productores con convenios. Comarcas: Boca de Escalera, Romerito, Juana y Bartola, Municipio El Castillo.

- Cooperación Austriaca y SOSmadera. 1997/1998. Plan Operativo Anual, "Las Quezadas" (11 propietarios, 385 ha). Proyecto Cadena Maderera.
- Cooperación Austriaca y SOSmadera. 1997 Plan Operativo Anual, "Las Quezadas" (Ernesto Padilla y Antonio Oporta, 132 ha). Proyecto Cadena Maderera.
- Eastman, J.; Kuem, P.; Toledano, J. and Jin, W. 1995. GIS and decision making. Explorations in Geographic Information System Technology. UNITAR. Switzerland.
- Farina, A. 1999. Principles and Methods in Landscape Ecology. London: Chapman & Hall.
- Finegan, B.; Delgado, D. 1999. Variación de la composición de bosques en paisajes naturales. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Apuntes de Clases.
- Finegan, B.; Delgado, D. 2000. Structural and Floristic heterogeneity in a 30 year – old Costa Rican reain forest restored o pasture through natural secondary siccension. Restoration Ecology Vol. 8 No.4, p380-393.
- Forman, R.T. 1995. Land mosaics. The ecology of landscapes and regions. Cambridge Academic Press, Cambridge, UK.
- Gallo, M. 1999. Identificación de tipos de bosques primarios en la zona Norte de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 65p.
- García, M. 1989-1999. Plan de Manejo Forestal San Martín. Propietario: Hilario Sánchez Sandoval. Comarca Marcelo, Municipio El Castillo.
- Gauch, H., J:R. 1982. Multivariate analysis in community ecology. Cambridge University Press. USA. 298p.
- Greig-Smith, M.A. 1983. Quantitative plant ecology. Butterworrrths Scientific Pub. London. Third edition. 198p.
- Harvey, J. Plan de Manejo Forestal "La Rinconada" (1998-2001). Comunidad Las Escalera, Municipio El Castillo.
- Heiner, D. 2000. Estado del Centro de SIG del MARENA en Boca de Sábalos. Proyecto de Manejo Sostenible (PMS) en la zona de Amortiguamiento de la Municipalidad de El Castillo. Informe. Segunda Fase.
- Henderson, A; Galeano, G. y Bernal, R. 1995. Field Guide to the Palms of the Americas. Princeton University Press, USA.
- INAFOR, 1999. Normas técnicas y disposiciones administrativas para el aprovechamiento forestal. Tercer Borrador (revisión previa firma). Gobierno de Nicaragua. Managua.

- IRENA, 1990. Recursos forestales de Corexa.
- Jongman, R.; Ter Braak, C. And Tongeren, O. 1995. Data Analysis in community and landscape ecology. Cambridge University press.299p.
- Kovach, W. L. 1994. Mutivariate Statistic Package. Ver 2.1. Kovach Computing Services, Pentraeth, Wales.
- Larson, A. y 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. 93p.
- Laurance, W. y Gascon, C. 1997. How to creatively Fragment a Landscape. Conservation Biology 11(2): 577-579.
- 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. Y Moritz, C. 1997. Tropical forest fragmentation: synthesis of a diverse and dynamic discipline, *In*: Laurence, W.F. y Bierregaard Jr. R.O. (eds). Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities. The University of Chicago Press, London. 616 p.
- Louman, B., Quirós, D. y Nilsson, M. 2001. Silvicultura de Bosques Latifoliados Húmedos con Énfasis en América Central. Serie Técnica. Manual Técnico N° 46. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 265p.
- Malespín, I. 1995. Plan Operacional de Manejo Anual. Propietario: Calazan Parrales Ulloa. Comarca Boca de Sábalo, Municipio El Castillo.
- MARENA. 2000. Evaluación de los aprovechamientos forestales. Documento interno.12p.
- MARENA. 2001. Propuesta para evaluar el potencial productivo de los bosques del Municipio El Castillo. Documento técnico preliminar.15p.
- Mateucci, A., y Colma, A. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. OEA. Washington. 168p.
- Maturana Coronel, J. 1997. Riqueza de especies vegetales en sistemas agrícolas y de pastoreo abandonados del trópico húmedo. Tesis de Licenciatura, UCA.
- Mejía , A. 1994. Análisis del efecto inicial de un tratamiento de liberación, sobre regeneración establecida en un bosque tropical húmedo aprovechado en Río San Juan, Nicaragua. Tesis de Maestría, CATIE, Costa Rica.
- Naesset, E. 1997. Geographical information systems in long-term forest management and planning with special reference to preservation of biological diversity: a review. Forest Ecology and Management 93: 121-136.
- Noss, R. 1983. A regional landscape approach to conserving biodiversity. BioScience 33, 700-706.

- Paniagua, W. Plan de Manejo Forestal (1999-2004). Propietario: Cesar Luis Guillen y Justo Román Cabrera. Comarca Marcelo, Municipio El Castillo.
- Pérez Flores, M. A. 2000. Composición y Diversidad de los bosques de la Región Autónoma del Atlántico Norte Nicaraguense: una base para el manejo sostenible. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 155p.
- Pierce, A. and Ervin, J. 1999. La certificación independiente de la ordenación forestal y la ecología del paisaje. *Unasylva* 196, Vol. 50.
- Plynic. 1999. Coordenadas UTM, comunidad La Juana, Municipio El Castillo.
- Proyecto de Recuperación Ecológica y Reconversión de la cadena maderera. 1995-1996. Plan de Manejo Forestal. Comunidad Las Escalera, Municipio El Castillo. SOFECSA.
- República de Nicaragua, Ministerio de Relaciones Exteriores y DANIDA. 1994. SI-A-PAZ. Manejo Sostenible de la Zona de Amortiguamiento en la Municipalidad de El Castillo. Documento de Proyecto.
- Sabogal, C.; Mejía, A.; Carrera, F. y Castillo, A. 1992. Bases de Información para el manejo: existencias maderables y regeneración natural en el bosque tropical húmedo de la zona del Río San Juan, Nicaragua. Un primer análisis. Documento Técnico. Proyecto UCA/CATIE/SAREC.
- Salick, J., Mejia, A., and Anderson, T. 1995. Non timber forest products integrated with natural forest management, Rio San Juan, Nicaragua. *Ecological Applications*, 5(4) 1995, p. 878-895.
- Saunders, D.A; Hobbs, R.J. and Margules, Ch.R. 1991. Biological Consequences of Ecosystem Fragmentation. *Conservation Biology* 5(1): 18-32.
- Siles, G. y Ramos, M. 1999. Estudio socioeconómico básico de productores individuales con tierra en la zona rural del Municipio El Castillo. Proyecto de Manejo Sostenible en la zona de amortiguamiento. Municipio El Castillo. 111p.
- SOSmadera y ECFOR. 1998/1999. Plan Operativo Anual, "Las Quezadas" (José Oporta, 32 ha).
- SOSmadera y ECFOR. 1998/1999. Plan Operativo Anual, "Las Quezadas"(Antonio Oporta, 32 ha).
- SOSMADERA. 1998/1999. Plan Operativo Anual, "Las Quezadas" (Empresa Forestal Nueva Holanda, Empresa Forestal Montes Verdes, 678 ha). Maderas de Silvicultura Sostenible.
- Suazo, N. y Molina, H. Plan de Manejo Forestal (1999-2004) Propietario: Julio Juan Ramírez. Finca La Flor Comarca San Antonio, Municipio El Castillo.
- UCA. 1996. Plan de Aprovechamiento Anual, "Las Quezadas" (Calixto Espinoza, Lázaro Peña, Santiago Miranda y Dimas Díaz). Proyecto Madera.
- UCA. 1995. Plan General de Manejo, "Quezadas". Proyecto Madera - Silvicultura, Universidad Centroamericana.

- UCA. 1995. Plan General de Manejo, "El paraíso". Proyecto Madera - Silvicultura, Universidad Centroamericana.
- UCA. 1995. Plan general de Manejo "La Mónica". Proyecto Madera - Silvicultura, Universidad Centroamericana.
- Urban, D.L.; O'Neill, R.V. and Shugart Jr., H.H. 1987. Landscape Ecology. A hierarchical perspective can help scientist understand spatial patterns. *BioScience* 37 (2): 119-127
- Urbina, J.; Miranda, M. y Arana, B. Plan de Manejo Forestal (1999-2020). Propietario: Calazan Parrales Ulloa. Comarca Boca de Sábalo, Municipio El Castillo. Proyecto Producción Sostenida de Recursos del Bosque Bajo Manejo.
- Urbina, J. y Miranda, M. Plan de Manejo Forestal (1999-2004). Propietario: Antonio Gómez Pineda. Comunidad Gavilán, Municipio El Castillo.
- Whitmore, T. 1984. Tropical rain forest of the far east. Oxford, Reino Unido. Clarendon press. 352p.

7. ANEXOS

P&C del FSC (FSC —)

El Principio 6, sobre *Impactos ambientales*, define los siguientes criterios

- ❖ *Criterio 1. Debe realizarse una evaluación de impacto ambiental apropiada a la escala, intensidad de manejo y según la singularidad de los recursos afectados, y debe ser integrada adecuadamente en los sistemas de manejo. Debe incluir consideraciones a nivel de paisaje así como también, los impactos en un sitio determinado. Los impactos ambientales deberán ser evaluados antes de comenzar las operaciones que producen disturbios.*
- ❖ *Criterio 2. Se deben salvaguardar las especies raras, amenazadas o en peligro, como así también sus hábitat. Deben establecerse zonas de conservación y áreas de protección, que sean apropiadas a la escala y a la intensidad del manejo forestal, como así también según la singularidad de los recursos afectados. Debe controlarse la cacería, pesca, recolección, etc.*
- ❖ *Criterio 3. Las funciones y valores ecológicos deben ser mantenidos intactos, mejorarse o restaurarse, incluyendo:*
 - *La regeneración y sucesión forestal*
 - *La diversidad genética, de especies y de ecosistemas*
 - *Los ciclos naturales que afectan la productividad de los ecosistemas forestales*
- ❖ *Criterio 4. Las muestras representativas de ecosistemas dentro del paisaje deben ser protegidos en su estado natural y registrados en mapas, apropiado a la escala e intensidad de las operaciones y la singularidad de los recursos afectados.*
- ❖ *Criterio 5. Deben prepararse e implementarse pautas escritas para: control de la erosión, minimizar el daño del bosque durante el aprovechamiento, construcción de carreteras y otros disturbios mecánicos; y proteger los recursos hídricos.*
- ❖ *Criterio 8. La conversión de bosques a plantaciones o uso de tierra no forestal no deben ocurrir, excepto en circunstancias donde la conversión;*
 - *suponga una porción muy reducida de la unidad de manejo forestal; y*
 - *no ocurra en un área de alto valor para la conservación; y*
 - *permita un claro, sustancial, y seguro beneficio adicional de conservación a largo plazo en la unidad de manejo forestal.*

C&I del CIFOR (CIFOR —):

El Principio 2 sobre *mantenimiento de la integridad ecológica* define:

❖ *Criterio 1. Se conservan los procesos que mantienen la biodiversidad en bosques manejados*

• *Indicador 1.1. Se mantiene el patrón del paisaje*

Verificadores:

- *El número de parches de cada tipo de vegetación en la Unidad de Manejo es mantenido dentro de la variación natural¹.*
- *El tamaño de los parches mas grandes de cada tipo de vegetación es mantenido dentro de límites críticos¹.*
- *El Índice de contagio² del grado en el cual los tipos de vegetación están agregados, se mantiene dentro de límites críticos.*
- *La dominancia de la estructura de parches no muestra cambios significativos comparado con un sitio sin intervención¹.*
- *La dimensión fractal³ de la forma de parche se mantiene dentro de límites críticos.*
- *La distancia promedio, máxima y mínima entre dos parches del mismo tipo de cobertura se mantienen dentro de la variación natural.*
- *El índice de percolación⁴, que especifica la conectividad de paisaje, se mantiene dentro de los límites críticos.*
- *La cantidad de borde alrededor de los parches mas grandes no muestra cambios significativos en comparación con un bosque sin disturbios¹.*

• *Indicador 1.2. Los cambios en la diversidad de hábitat como resultado de las intervenciones humanas, son mantenidos dentro de los límites críticos definidos por la variación natural y/o los objetivos de conservación regionales.*

Verificadores:

- *La estructura vertical del bosque se mantiene dentro de la variación natural.*
- *La distribución de biomasa aérea no muestra cambios significativos en comparación con un bosque sin disturbios.*

(1) Usados como línea base

(2) Mide la magnitud de la agregación o

agrupación de la cobertura de tierra o tipo de vegetación

(3) Métrica de la complejidad del paisaje

(4) Medida de la conectividad del paisaje

- *La distribución de clases de tamaño no muestra cambios significativos respecto a la variación natural.*
 - *La distribución de frecuencias de fases de ciclos de regeneración del bosque es mantenida dentro de los límites críticos.*
 - *La apertura del dosel en el bosque es minimizada.*
 - *Otros elementos estructurales no muestran cambios significativos.*
- *Indicador 1.4. la riqueza/diversidad de grupos seleccionados no muestran cambios significativos*
Verificadores:
 - *La riqueza de especies de los grupos importantes se mantiene o aumenta.*
 - *Número de especies removidas del bosque para venta en mercados locales.*
 - *Los cambios temporales en la riqueza de especies no son significativos.*
 - *La diversidad espacial de grupos seleccionados se mantiene dentro de la variación natural.*
- *Indicador 1.5. Los tamaños de las poblaciones y las estructuras demográficas de especies seleccionadas no muestran cambios significativos, y las etapas del ciclo de vida crítico ecológicamente y demográficamente siguen estando representadas*
Verificadores:
 - *EL tamaño de la población de las especies seleccionadas se mantiene dentro de la variación natural.*
 - *Los cambios temporales en el tamaño de la población no son significativos.*
 - *La edad de los árboles o la estructura, no muestran cambios significativos comparado con un bosque sin intervención.*
 - *La estructura espacial de la población se mantiene dentro de la variación natural.*

❖ *Criterio 2. La función de los ecosistemas es mantenida*

- *Indicador 2.2. Las áreas ecológicamente sensibles, especialmente las zonas buffer a lo largo de cursos de aguas, son protegidas.*
- *Indicador 2.3. Las áreas representativas, especialmente los sitios de importancia ecológica, son protegidos y manejados apropiadamente.*
- *Indicador 2.4. Las especies raras o en riesgo son protegidas.*
- *Indicador 2.5. La erosión y otras formas de degradación del suelo son minimizadas.*

C&I de Centroamérica (FAO 1997):

A escala **regional** se define:

❖ *Criterio 2. La conservación y mantenimiento de los servicios ambientales de los ecosistemas forestales.*

- *Indicador 2.1. Superficie total del bosque en el país en relación a:*
 - *Superficie terrestre total del país*
 - *Superficie de terrenos de vocación forestal*
 - *Superficies de bosque dentro de áreas protegidas*
 - *Superficie de bosques fuera de áreas protegidas*
 - *Tasa de reconversión del bosque a otros usos del suelo*

- *Indicador 2.2 Superficie de bosque bajo manejo en relación a:*
 - *Superficie de bosques dentro de áreas protegidas*
 - *Superficie de bosques fuera de áreas protegidas*

- *Indicador 2.3. Porcentaje y área de tipos de bosque en el Sistema Regional de Áreas Protegidas.*

- *Indicador 2.4. Superficie y longitud de áreas del Corredor Biológico.*

- *Indicador 2.5. Impacto ambiental de las actividades de manejo forestal.*

- *Indicador 2.8. Área y porcentaje de bosque afectado por impacto de origen antropogénico y natural.*

- *Indicador 2.9. Área y porcentaje de tierras forestales manejadas con fines de recreación y turismo en relación al territorio nacional.*

- *Indicador 2.10. Número de especies endémicas, amenazadas o en peligro de extinción.*

- *Indicador 2.11. Superficie y porcentaje de áreas degradadas recuperadas mediante actividad forestal.*

- *Indicador 2.13. Superficie y porcentaje de cobertura boscosa manejado para la protección de cuencas hidrográficas.*

❖ *Criterio 3. Mantenimiento de la capacidad productiva de los ecosistemas forestales..*

- *Indicador 3.1. Masa boscosa clasificada por categorías de manejo y tipo de tenencias.*

- *Indicador 3.2 Bienes y servicios provenientes de los ecosistemas forestales según la categoría de manejo.*

- *Indicador 3.3. Estructura y composición florística de los ecosistemas forestales.*

- *Indicador 3.4. Potencial productivo de los ecosistemas forestales y su estado actual.*

A escala **nacional** se define:

❖ *Criterio 2 Cobertura forestal.*

- *Indicador 2.1. Superficie total del bosque en el país en relación a.*
 - *Superficie terrestre total del país*
 - *Superficie de terrenos de vocación forestal*
 - *Superficies de bosque dentro de áreas protegidas*
 - *Superficie de bosques fuera de áreas protegidas*
 - *Tasa de reconversión del bosque a otros usos del suelo*
- *Indicador 2.2. Superficie de bosque bajo manejo en relación a.*
 - *Superficie de bosques dentro de áreas protegidas*
 - *Superficie de bosques fuera de áreas protegidas*

❖ *Criterio 3. Sanidad y vitalidad de los Bosques.*

- *Indicador 3.1. Regeneración y cambios en la composición y estructura de los bosques.*
- *Indicador 3.2. Superficies y porcentajes de bosque afectado por diferentes agentes naturales..*
- *Indicador 3.3. Superficies y porcentajes de bosque afectado por causas antropogénicas.*

❖ *Criterio 4. Contribución de los ecosistemas forestales a los servicios ambientales.*

- *Indicador 4.1. Número y superficie de áreas protegidas bajo planes de manejo, planes operativos y/o planes de vigilancia aplicados.*
- *Indicador 4.2. Área y porcentaje de bosques manejados con fines de recreación y turismo en relación al territorio nacional.*
- *Indicador 4.3 Número, superficie y porcentaje de cuencas hidrográficas aplicando su plan de manejo.*
- *Indicador 4.4. Tamaño y porcentaje de cobertura boscosa manejada en apoyo a la conservación de suelos y agua.*
- *Indicador 4.5. Relación entre la cobertura forestal por cuenca y la frecuencia de inundaciones.*

- *Indicador 4.6. Estimación de biomasa en ecosistemas forestales en función del secuestro y almacenamiento de carbono.*

❖ *Criterio 5. Diversidad biológica de los ecosistemas forestales.*

- *Indicador 5.1. Porcentaje y superficie de los tipos de bosque en las diferentes categorías de manejo de las áreas protegidas.*
- *Indicador 5.2. Número de especies endémicas, especies amenazadas o en peligro de extinción*
- *Indicador 5.3. Estimación de poblaciones de especies faunísticas dependientes de hábitat boscoso.*
- *Indicador 5.4. Superficie y longitud de áreas de los corredores biológicos en los diferentes ecosistemas forestales.*
- *Indicador 5.5. Superficie y porcentaje de los bosques primarios, secundarios y artificiales.*

C&I (propuesta) del INAFOR (INAFOR 2000):

El Principio 2 sobre *Tecnologías apropiadas a nivel país* define:

❖ *Criterio 2.3. Se aplican normas y disposiciones administrativas para la elaboración de planes de manejo.*

- *Indicador 2.3.1. Se aplican los procedimientos técnicos para elaboración de planes de manejo en relación a:*

- *Productividad y regeneración del bosque*
- *Posibilidad silvícola*
- *Prácticas de aprovechamiento*
- *Prácticas silvícolas*
- *Restricciones legales*
- *Diámetros mínimos de corta*
- *Diseño de infraestructura*
- *Investigación*
- *Medidas de protección*

❖ *Criterio 2.4. Se evalúan métodos técnicos adaptados a sitios con restricciones legales.*

- *Indicador 2.4.1. Los actores ejecutan actividades de aprovechamiento forestal sobre la base de los lineamientos legales incluyendo los de la localidad*

El Principio 3 sobre *Aprovechamiento compatible con la conservación y sostenibilidad* define:

- ❖ *Criterio 3.1. Se restauran áreas degradadas y se protegen reservas biológicas*
 - *Indicador 3.1.1. El plan general de manejo establece áreas frágiles a proteger.*
- ❖ *Criterio 3.2 Se minimizan los impactos negativos del aprovechamiento sobre el ambiente.*
 - *Indicador 3.2.1. Existen evaluaciones del efecto del aprovechamiento forestal sobre los siguientes componentes del bosque:*
 - *Árboles remanentes y área forestal*
 - *Abundancia de especies y composición florística*
 - *La productividad del bosque*
 - *La red hidrográfica*
 - *Productos no maderables*
 - *La erosión, contaminación y perturbación*

Normas técnicas y disposiciones administrativas para el aprovechamiento forestal en Nicaragua (INAFOR 2001)

Las normas técnicas establecen los criterios básicos para facilitar el desarrollo de las actividades forestales, elaborar Planes Generales de Manejo Forestal (PGMF) y Planes Operativos Anuales (POAS) para el manejo sostenible de los bosques latifoliados y coníferas en territorio nacional.

En la lista de abajo se presentan las normas y disposiciones mas relevantes respecto a la planificación del manejo forestal:

-Para la recuperación de áreas boscosas todos los planes de manejo deben incorporar aquellas áreas de vocación forestal que han sido sometidas a otros usos y revertirla a forestal.

- Se debe elaborar la estratificación del bosque a ser manejado, para determinar de acuerdo a las densidades boscosas existentes las áreas de producción, protección y conservación, así como la proyección de los caminos forestales e infraestructura existentes, la red hidrográfica y la topografía del sitio.

-Los estratos boscosos del área a manejar se deben clasificar tomando en consideración el tipo de bosque, sea éste con fines de producción, protección y conservación de la biodiversidad, los que serán reflejados en un mapa.

-Se podrá efectuar aprovechamiento forestal hasta un 60% de pendiente, siempre y cuando se cumpla con las prácticas de extracción adecuadas sin incluir la extracción con máquina pesada. Las áreas mayores del 60% de pendiente se clasificarán como bosques de protección.

-No se permite la extracción mecanizada en pendientes con rangos de porcentajes promedios de 35 a 60%.

- Para el aprovechamiento forestal en pendientes mayores de 35% y menores de 60% se requiere de un permiso especial del INAFOR, que contemplara recomendaciones técnicas de cómo realizar el aprovechamiento para reducir el daño al suelo y al ecosistema. El aprovechamiento forestal en estas áreas frágiles utilizará el sistema de extracción animal, manual y/o de cables.

-Los planes de manejo deben considerar como objetivo especial la protección de los nacimientos de agua, riberas de quebradas y ríos, las pendientes fuertes, los suelos frágiles y los sitios que sirven de refugio de la vida silvestre, a fin de lograr un equilibrio ecológico.

-El sistema de manejo forestal que se aplica en el bosque tropical latifoliado es el policíclico, el cual toma en consideración la representatividad de especies en el bosque, (composición florística), el número de individuos y el área basal por categorías diamétricas (estructura), para determinar su viabilidad de manejo y silvicultura a partir de la fijación de diámetros mínimos y ciclos de cortas

- El corte de árboles comerciales es a partir de 40 centímetros de DAP, según el resultado que se obtenga del análisis de recuperación del bosque. Se exceptúan del corte a partir de los 40 cm las siguientes especies:

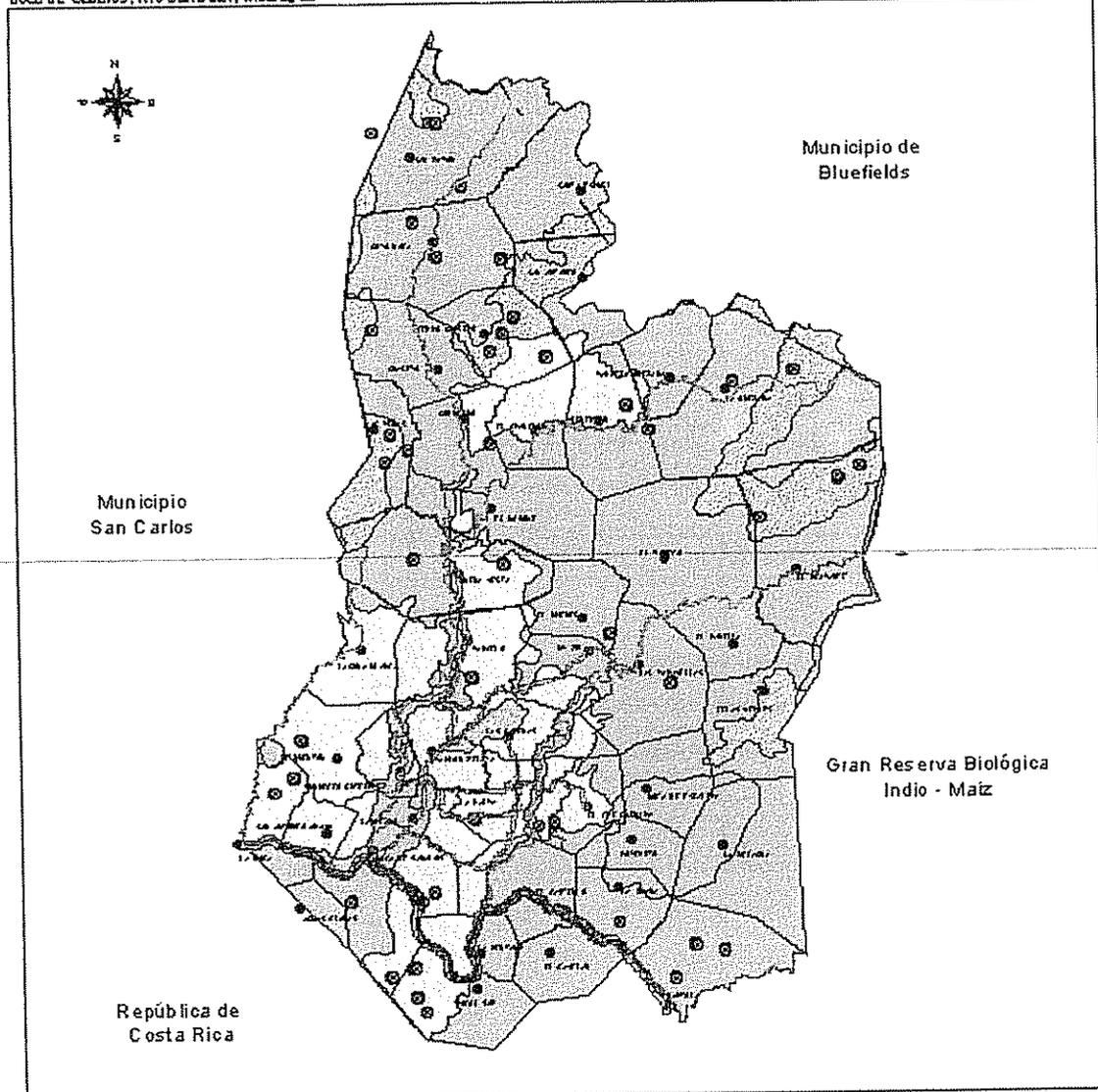
- a. Caoba, Cedro real y Pochote: de 50 cms de DAP*
- b. Nancitón, Pansuba, Guapinol y Genizaro: de 60 cms de DAP*
- c. Ceiba, Panamá y Guanacaste: de 80 cms de DAP*

- En bosque primario, el ciclo de corta será de 15 años.
- En bosques secundarios se aceptan ciclos de cortas no menores a los 10 años.
- Toda área de bosque que fue sometida a manejo forestal podrá ser nuevamente aprovechada en el próximo período de corta, definido por el ciclo de corta. El plazo entre una y otra intervención de aprovechamiento sobre la misma área de bosque deberá justificarse de acuerdo al análisis científico y técnico.
- La pendiente máxima permitida para trazar los caminos y trochas de transporte es del 15%.
- Los caminos forestales no podrán ser construidos cerca del área de bosque de galería y fuentes de agua; en todo caso, deben poseer todas las obras de drenaje necesario (cunetas, alcantarillas, revestimientos y puentes en corrientes de agua).
- Para la elaboración de PGMF, POA, Plan de Aprovechamiento y Manejo Forestal, y Plan de Reposición Forestal, los propietarios de terrenos de vocación forestal deben verificar si el área no se encuentra en una zona protegida, de reserva y/o de interés público, de lo contrario se sujetarán a las Leyes específicas.
- Cuando existan agrupaciones de áreas forestales pertenecientes a varios propietarios privados constituidos en cooperativas u otras formas de asociación con el objetivo de ampliar la base de planificación forestal, el PGMF podrá abarcar la sumatoria de las superficies de cada parcela individual que integran la cooperativa o asociación; para ello deberán nombrar un representante legal.
- Al ser vendida una propiedad en la que se ejecuta un PGMF, POA, Plan de Aprovechamiento y Manejo Forestal o Plan de Reposición Forestal el nuevo propietario podrá asumir los derechos y obligaciones contraídas en dicho plan, de lo contrario será anulada.
- No se autorizarán intervenciones en áreas bajo manejo forestal que se interpongan con la planificación forestal del plan general de manejo forestal.
- Las tierras forestales o de vocación forestal no podrán ser sometidas a cambios de uso. Cuando fuere para proyectos de interés nacional, serán analizados y evacuados a nivel central por INAFOR.
- Los PGMF sobre áreas boscosas mayores a las 5,000 hectáreas y los aprovechamientos forestales en pendientes iguales o mayores de 35% o que prevean aperturas de caminos forestales de todo tiempo, obras de dragado y variación del curso de cuerpos de aguas superficiales para el transporte acuático, deben ser acompañados por estudios de impacto ambiental.
- Para el aprovechamiento de árboles en áreas de uso agropecuario se necesita un plan de reposición forestal, sujeta a inspección del INAFOR. Si el aprovechamiento se da por razones fitosanitarias deberá acompañar una certificación del MAGFOR, y/o permiso ambiental otorgado por MARENA, si el caso lo amerita.

Anexo 2: Estratificación del muestreo y distribución de las parcelas

Mapa de Distribución de Parcelas de Muestreo
(Estratificación según Tipo de Suelo)
Zona de Amortiguamiento del Municipio El Castillo

Boca de Sábalo, Río San Juan, Nicaragua Julio de 2001



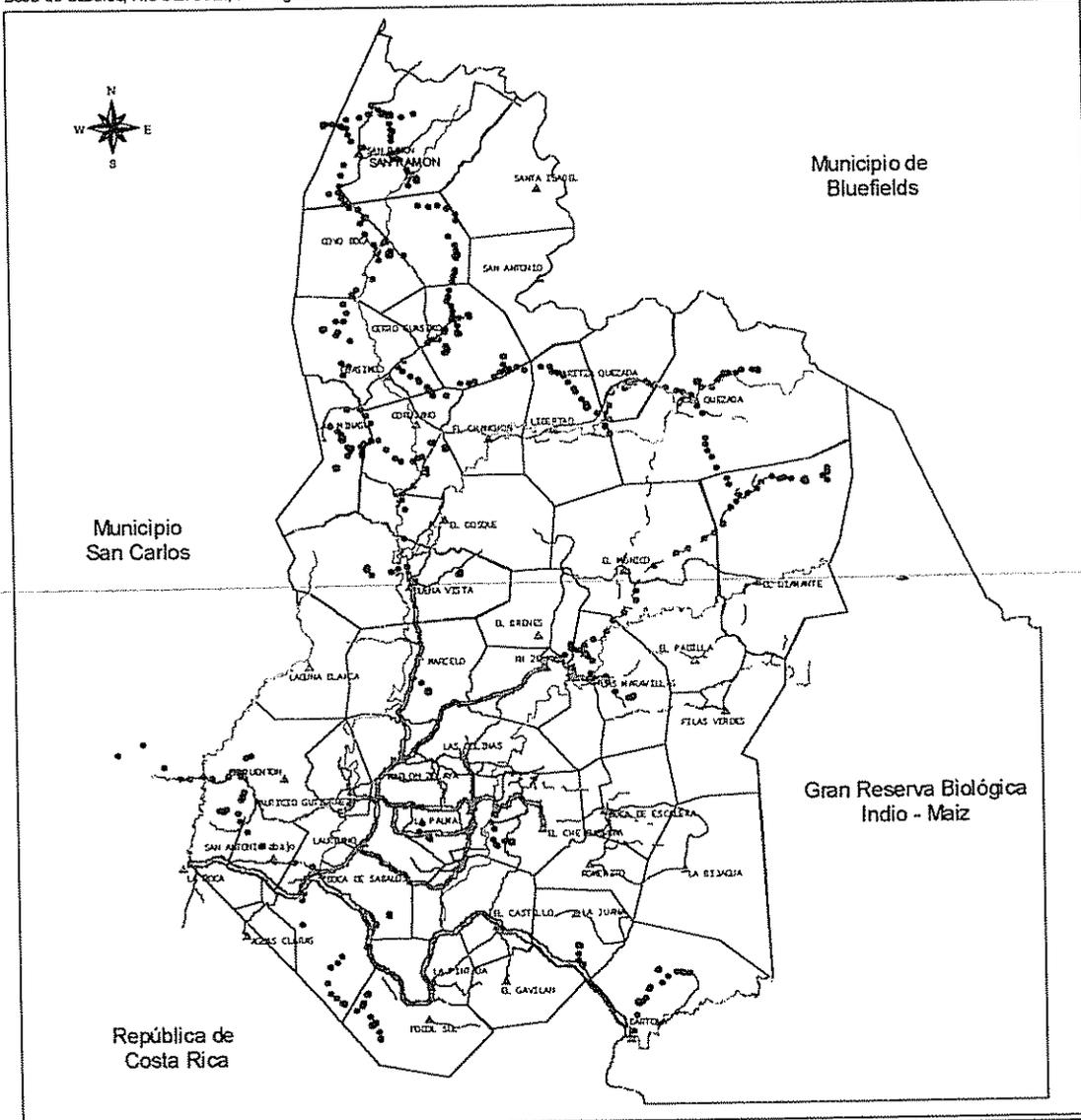
<p>Legenda</p> <ul style="list-style-type: none"> Caminos Río San Juan Ríos principales Comunidades Límite de comunidades Muestreo Parcela Suelos profundos, bien drenados Suelos poco profundos Suelos profundos, mal drenados 	<p>Escala gráfica</p> <p> 5 Kilómetros</p> <p>Georreferenciación</p> <p>Coordenadas: UTM Esteroides de Clarke 1822 Datum MAD-27 Zona 16 Norte</p>	<p>Proyecto de Investigación de Tes B Maize to Peridomo</p> <p>Fuente Datos: Unidad de SIG, Proyecto de Manejo Sostenible Muestreo de campo (Mayo - Julio 2001)</p>
--	---	---

COMPAÑIA NICARAGÜENSE DE INVESTIGACIONES Y SERVICIOS

**Puntos de campo para evaluación de la clasificación de las imágenes de satélite 2000
Zona de Amortiguamiento del Municipio El Castillo**

Boca de Sábalo, Río San Juan, Nicaragua

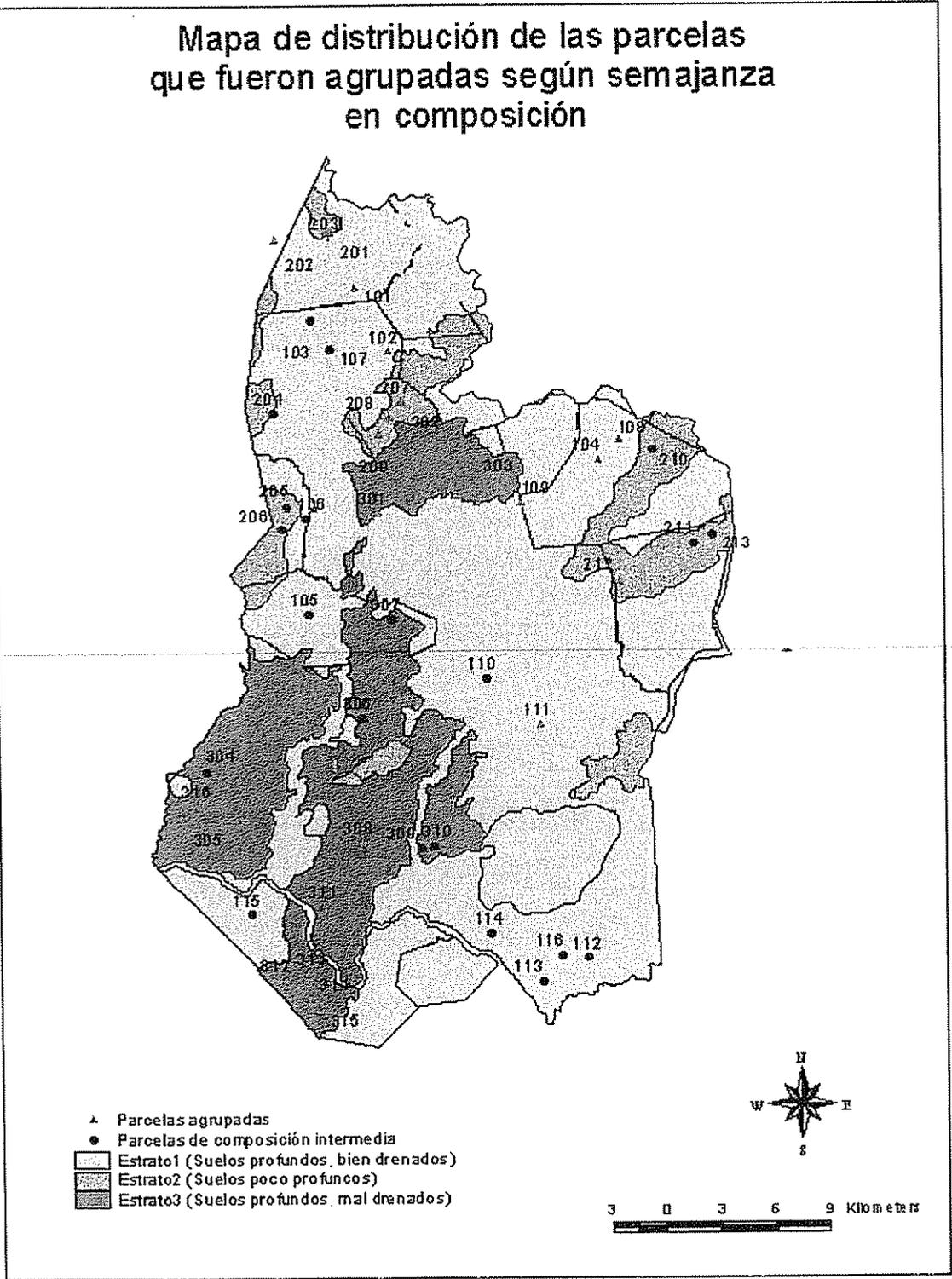
Julio de 2001



<p>Leyenda</p> <ul style="list-style-type: none"> Río san Juan Ríos principales Caminos Aple / en bestia Extracción / madera Todo tiempo Com unidades Límite de comunidades Puntos levantados Reserva biológica 	<p>Escala gráfica</p> <p>0 5 Kilómetros</p> <p>Georeferenciación</p> <p>Coordenadas UTM Esferoide de Clarke 1886 Datum NAD-27 Zona 16 Norte</p>	<p>Proyecto de Investigación de Tesis Marcelo Perdomo</p> <p>Fuente Datos: Unidad de SIG, Proyecto de Manejo Sostenible Muestreo de campo (Mayo - Junio 2001)</p>
--	--	--

Impresión a color por el autor del estudio

Mapa de distribución de las parcelas que fueron agrupadas según semejanza en composición



Anexo 6

Datos de inventarios de POAs			
Id	Nombre científico	Nombre común	IVIs
52	<i>Dipteryx panamensis</i>	Almendro	27.5
	<i>Carapa guianensis</i>	Cedro macho	18.2
	<i>Otoba novogranatensis</i>	Fruta dorada	10.6
	<i>Pentaclethra macroloba</i>	Gavilan	7.2
	<i>Virola</i> sp.	Sebo	6.9
	<i>Dialum guianense</i>	Tamarindo	6.1
	<i>Terminalia</i> sp.	Guayabo de charco	6.0
	<i>Tetragastris panamensis</i>	Kerosin	3.7
	<i>Sacoglottis trichogyna</i>	Rosita	3.5
	<i>Lecythis ampla</i>	Pansuba	1.3
	56	<i>Carapa guianensis</i>	Cedro macho
<i>Virola</i> sp.		Sebo	32.1
<i>Pterocarpus rohrii</i>		Sangregrado	8.9
<i>Sacoglottis trichogyna</i>		Rosita	6.7
<i>Terminalia</i> sp.		Guayabo de charco	3.6
<i>Guarea</i> sp.		Pronto alivio	2.7
<i>Pentaclethra macroloba</i>		Gavilan	1.6
<i>Lecythis ampla</i>		Pansuba	1.1
<i>Manilkara sapota</i>		Nispero	1.1
<i>Dipteryx panamensis</i>		Almendro	0.9
53		<i>Carapa guianensis</i>	Cedro macho
	<i>Dipteryx panamensis</i>	Almendro	14.5
	<i>Virola</i> sp.	Sebo	13.1
	<i>Terminalia</i> sp.	Guayabo charco	8.0
	<i>Sacoglottis trichogyna</i>	Rosita	5.8
	<i>Otoba novogranatensis</i>	Frutadorada	4.3
	<i>Pentaclethra macroloba</i>	Gavilan	2.6
	<i>Dialum guianense</i>	Tamarindo	2.5
	<i>Laetia procera</i>	Areno	2.4
	<i>Tetragastris panamensis</i>	Kerosin	2.4
	54	<i>Carapa guianensis</i>	Cedro macho
<i>Virola</i> sp.		Sebo	23.3
<i>Terminalia</i> sp.		Guayabo de charco	7.0
<i>Dialum guianense</i>		Comenegro	3.7
<i>Pterocarpus rohrii</i>		Sangregrado	3.0
<i>Sacoglottis trichogyna</i>		Rosita	2.9
<i>Otoba novogranatensis</i>		Frutadorada	2.8
<i>Vochysia ferruginea</i>		Botarrama	2.7
<i>Terminalia</i> sp.		Guayabo	1.8
<i>Lecythis ampla</i>		Pansuba	1.1

41	Carapa guianensis	Cedro macho	26.9
	Virola sp.	Sebo	14.1
	Dipteryx panamensis	Almendro	13.7
	Laetia procera	Areno	9.1
	Terminalia sp.	Guayabo	5.7
	Dialum guianense	Tamarindo	4.5
	Ceiba pentandra	Ceiba	3.5
	Vochysia guatemalensis	Palo de agua	3.3
	Tetragastris panamensis	Kerosin	3.1
	Sacoglottis trichogyna	Rosita	3.0
43	Carapa guianensis	Cedro macho	18.3
	Laetia procera	Areno	12.3
	Dipteryx panamensis	Almendro	8.6
	Xylopia frutescens	Manga larga	8.1
	Tetragastris panamensis	Kerosin	6.9
	Virola sp.	Sebo	6.1
	Enterolobium cyclocarpum	Guanacaste	5.1
	Terminalia sp.	Guayabo de charco	3.9
	Lecythis ampla	Pansuba	3.7
	Swietenia macrophylla	Caoba	3.4
42	Dipteryx panamensis	Almendro	20.6
	Carapa guianensis	Cedro macho	10.3
	Tetragastris panamensis	Kerosin	10.0
	Dialum guianense	Tamarindo	8.4
	Virola sp.	Sebo	6.8
	Laetia procera	Areno	6.6
	Terminalia sp.	Guayabo negro	5.8
	Lecythis ampla	Pansuba/Papayo	4.5
	Sacoglottis trichogyna	Rosita	3.6
	Terminalia sp.	Guayabo	3.6
36	Carapa guianensis	Cedro macho	30.7
	Laetia procera	Areno	11.2
	Virola sp.	Sebo	10.5
	Enterolobium cyclocarpum	Guanacaste	7.2
	Dipteryx panamensis	Almendro	5.9
	Pterocarpus rohrii	Sangregrado	4.3
	Tetragastris panamensis	Kerosin	3.5
	Sacoglottis trichogyna	Rosita	3.5
	Dialum guianense	Tamarindo	3.0
	Terminalia sp.	Guayabo	2.9
38	Carapa guianensis	Cedro macho	34.9
	Laetia procera	Areno	8.4
	Lecythis ampla	Pansuba/Papayo	8.0
	Dipteryx panamensis	Almendro	5.9
	Virola sp.	Sebo	5.5

	<i>Sacoglottis trichogyna</i>	Rosita	5.0
	<i>Pterocarpus rohrii</i>	Sangregrado	4.9
	<i>Tapirira myriantha</i>	Caobillo	3.9
	<i>Vochysia ferruginea</i>	Botarrama	3.7
	<i>Terminalia sp.</i>	Guayabo	3.7
20	<i>Carapa guianensis</i>	Cedro macho	38.8
	<i>Dipteryx panamensis</i>	Almendro	11.8
	<i>Virola sp.</i>	Sebo	7.5
	<i>Terminalia sp.</i>	Guayabo	5.1
	<i>Lecythis ampla</i>	Pansuba	4.1
	<i>Symphonia globulifera</i>	Leche maria	3.6
	<i>Sacoglottis trichogyna</i>	Rosita	3.6
	<i>Pentaclethra macroloba</i>	Gavilan	3.4
	<i>Tetragastris panamensis</i>	Kerosin	3.1
	<i>Apeiba membranacea</i>	Peine de mico	3.0
16	<i>Xylopia frutescens</i>	Manga Larga	28.9
	<i>Carapa guianensis</i>	Cedro macho	14.5
	<i>Laetia procera</i>	Areno	11.6
	<i>Virola sp.</i>	Sebo	10.5
	<i>Lecythis ampla</i>	Pansuba	7.1
	<i>Dipteryx panamensis</i>	Almendro	5.2
	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Guanacaste	4.4
	<i>Sacoglottis trichogyna</i>	Rosita	3.3
	<i>Tetragastris panamensis</i>	Kerosin	2.8
	<i>Sterculia recordiana</i>	Panama	2.4
18	<i>Carapa guianensis</i>	Cedro macho	28.4
	<i>Xylopia frutescens</i>	Manga Larga	23.5
	<i>Virola sp.</i>	Sebo	13.4
	<i>Laetia procera</i>	Areno	10.4
	<i>Dipteryx panamensis</i>	Almendro	3.6
	Carolillo	Carolillo	3.1
	<i>Terminalia sp.</i>	Guayabo	2.3
	<i>Lecythis ampla</i>	Pansuba	2.0
	<i>Tetragastris panamensis</i>	Kerosin	1.9
	<i>Dialum guianense</i>	Tamarindo	1.3
15	<i>Carapa guianensis</i>	Cedro macho	35.1
	<i>Dipteryx panamensis</i>	Almendro	29.8
	<i>Virola sp.</i>	Sebo	7.4
	<i>Dialum guianense</i>	Tamarindo	5.7
	<i>Symphonia globulifera</i>	Leche Maria	4.5
	<i>Laetia procera</i>	Areno	2.7
	<i>Lecythis ampla</i>	Pansuba	2.7
	<i>Sacoglottis trichogyna</i>	Rosita	2.4
	<i>Terminalia sp.</i>	Guayabo	2.2
	<i>Vochysia guatemalensis</i>	Palo de agua	2.0

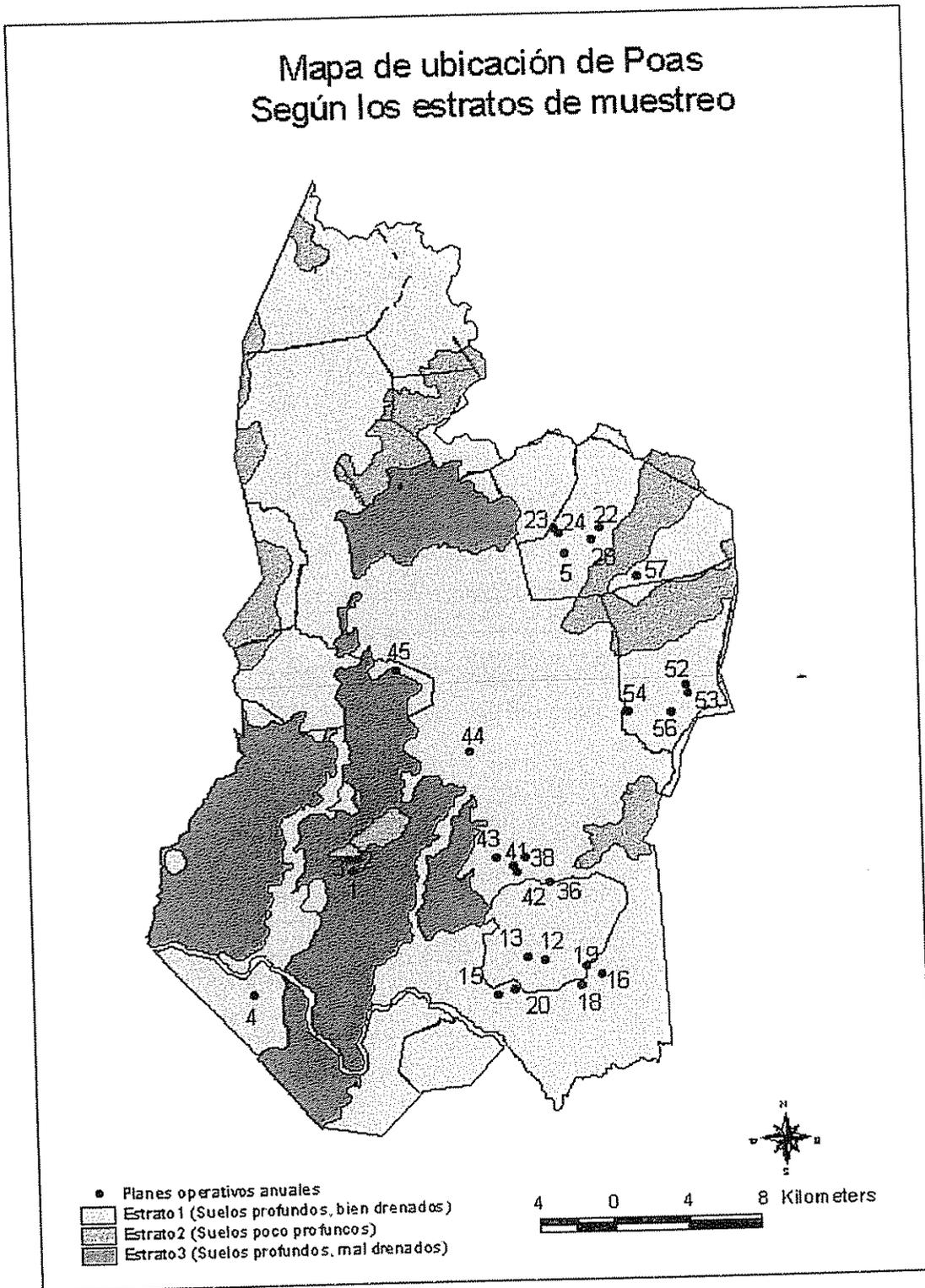
19	<i>Xylopiya frutescens</i>	Manga Larga	39.0
	<i>Carapa guianensis</i>	Cedro macho	28.2
	<i>Virola sp.</i>	Sebo	7.6
	<i>Dipteryx panamensis</i>	Almendro	5.4
	<i>Laetia procera</i>	Areno	3.9
	<i>Vochysia guatemalensis</i>	Palo de agua	3.2
	<i>Tabebuia guayacan</i>	Cortez	2.7
	Carolillo	Carolillo	2.5
	<i>Tetragastris panamensis</i>	Kerosin	2.2
	<i>Sacoglottis trichogyna</i>	Rosita	1.5
13	<i>Carapa guianensis</i>	Cedro macho	64.9
	<i>Xylopiya frutescens</i>	Manga larga	20.3
	<i>Sacoglottis trichogyna</i>	Rosita	5.5
	<i>Virola sp.</i>	Sebo	3.7
	<i>Lecythis ampla</i>	Pansuba	3.5
	<i>Vochysia guatemalensis</i>	Palo de agua	2.2
	<i>Calophyllum brasiliensis</i>	Santa maria	0.9
	<i>Pentaclethra macroloba</i>	Gavilan	0.7
	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Guanacaste	0.7
12	<i>Carapa guianensis</i>	Cedro macho	39.7
	<i>Dipteryx panamensis</i>	Almendro	17.9
	<i>Xylopiya frutescens</i>	Manga larga	16.1
	<i>Sacoglottis trichogyna</i>	Rosita	7.5
	<i>Virola sp.</i>	Sebo	5.1
	<i>Lecythis ampla</i>	Pansuba	3.3
	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Guanacaste	3.3
	<i>Tabebuia guayacan</i>	Cortez	1.4
	<i>Pentaclethra macroloba</i>	Gavilan	1.1
	Carolillo	Carolillo	1.1
57	<i>Vochysia ferruginea</i>	Botarrama	23.6
	<i>Carapa guianensis</i>	Cedro macho	14.3
	<i>Laetia procera</i>	Areno	10.4
	<i>Sacoglottis trichogyna</i>	Rosita	6.4
	<i>Cupania sp.</i>	Cola de pava	3.4
	<i>Terminalia sp.</i>	Guayabo negro	3.4
	<i>Apeiba membranacea</i>	Peine de mico	3.3
	<i>Virola sp.</i>	Sebo	3.0
	<i>Vochysia guatemalensis</i>	Palo de agua	2.8
23	<i>Dipteryx panamensis</i>	Almendro	21.9
	<i>Dialium guianense</i>	Tamarindo	15.7
	<i>Terminalia sp.</i>	Guayabon	9.5
	<i>Virola sp.</i>	Sebo	6.2
	<i>Tabebuia guayacan</i>	Cortez	5.6
	<i>Laetia procera</i>	Areno	4.4
	<i>Carapa guianensis</i>	Cedro macho	4.2
	<i>Pterocarpus rohrii</i>	Sangregrado	3.7

	Brosimum sp.	Ojoche	3.7
	Terminalia sp.	Guayabo negro	3.5
5	Dipteryx panamensis	Almedro	23.1
	Dialum guianense	Tamarindo	16.4
	Terminalia sp.	Guayabon	14.6
	Viola sp.	Sebo	8.9
	Brosimum sp.	Ojoche	5.6
	Mastichodendron capiri	Tempisque	5.5
	Sacoglottis trichogyna	Rosita	4.5
	Pterocarpus rohrii	Sangregrado	2.8
	Hyeronima alchorneoides	Nanciton	2.7
	Cordia alliodora	Laurel blanco	2.1
24	Dipteryx panamensis	Almendro	25.6
	Dialum guianense	Tamarindo	21.7
	Viola sp.	Sebo	9.1
	Sacoglottis trichogyna	Rosita	6.4
	Terminalia sp.	Guayabo negro	5.3
	Tetragastris panamensis	Kerosin	4.4
	Tabebuia guayacan	Cortez	3.7
	Ceiba pentandra	Ceiba	3.7
	Brosimum sp.	Ojoche	3.7
	Terminalia sp.	Guayabon	2.7
28	Dipteryx panamensis	Almendro	34.0
	Dialum guianense	Tamarindo	14.9
	Viola sp.	Sebo	6.7
	Sacoglottis trichogyna	Rosita	6.2
	Laetia procera	Areno	5.8
	Terminalia sp.	Guayabon	4.2
	Tabebuia guayacan	Cortez	3.4
	Ceiba pentandra	Ceiba	3.3
	Pterocarpus rohrii	Sangregrado	3.2
	Manilkara sapota	Nispero	2.6
22	Dipteryx panamensis	Almendro	38.8
	Dialum guianense	Tamarindo	15.3
	Terminalia sp.	Guayabon	9.2
	Brosimum sp.	Ojoche	8.3
	Viola sp.	Sebo	5.5
	Tabebuia guayacan	Cortez	4.4
	Carapa guianensis	Cedro macho	3.2
	Tetragastris panamensis	Kerosin	2.8
	Sacoglottis trichogyna	Rosita	2.0
	Laetia procera	Areno	1.8
44	Dipteryx panamensis	Almendro	16.1
	Carapa guianensis	Cedro macho	9.0
	Pouteria sp.	Nispero macho	8.8

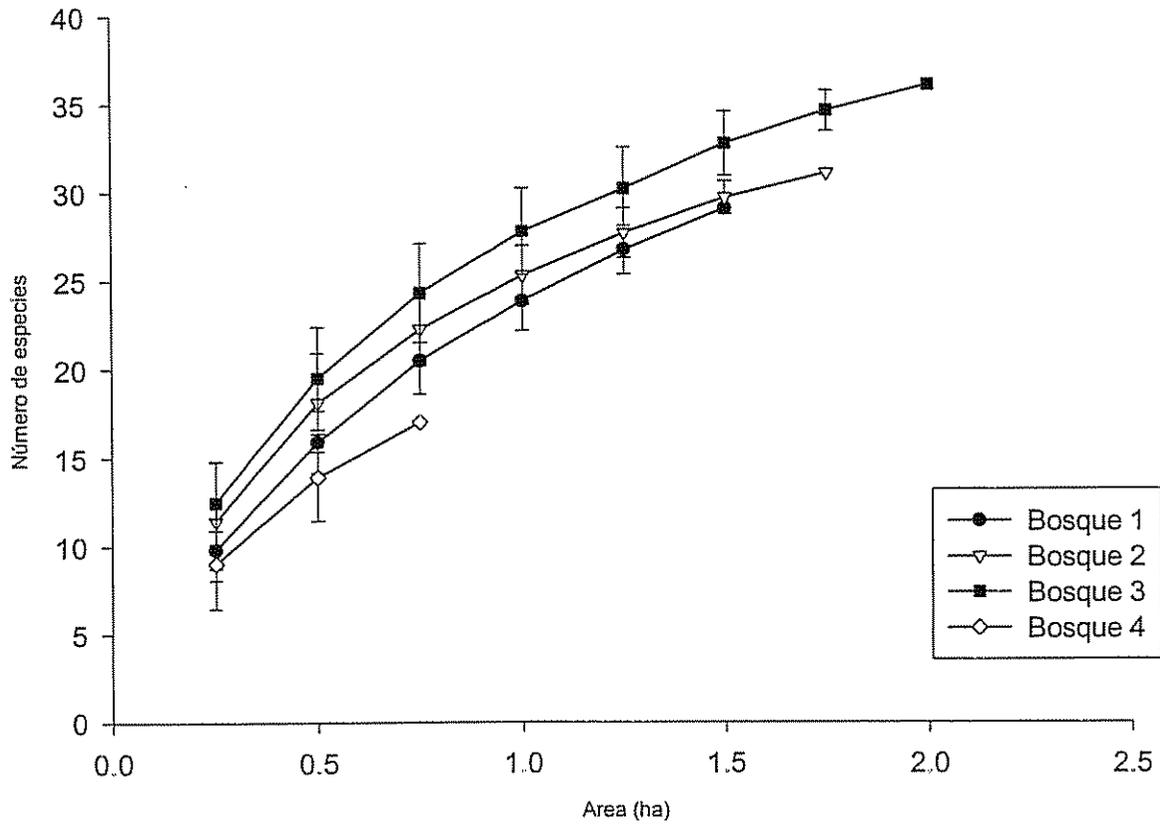
	<i>Dialum guianense</i>	Tamarindo	8.2
	<i>Pentaclethra macroloba</i>	Gavilan	6.4
	<i>Tetragastris panamensis</i>	Kerosin	5.9
	<i>Sacoglottis trichogyna</i>	Rosita	4.9
	<i>Terminalia</i> sp.	Guayabo negro	4.5
	<i>Apeiba membranacea</i>	Peine de mico	4.0
	<i>Pterocarpus rohrii</i>	Sangregrado	3.9
4	<i>Carapa guianensis</i>	Cedro macho	36.0
	<i>Terminalia</i> sp.	Guayabo	8.5
	<i>Virola</i> sp.	Sebo	7.4
	Manteco	Manteco	7.3
	<i>Dialum guianense</i>	Tamarindo	7.1
	<i>Guarea</i> sp.	Bejuco	5.5
	<i>Copaifera aromatica</i>	Camibar	4.3
	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Guanacaste	4.0
	<i>Vochysia guatemalensis</i>	Palo de agua	3.9
	Carolillo	Carolillo	3.3
	<i>Dipteryx panamensis</i>	Almendro	2.4
45	<i>Dipteryx panamensis</i>	Almendro	23.7
	<i>Pentaclethra macroloba</i>	Gavilan	17.0
	<i>Tetragastris panamensis</i>	Kerosin	7.8
	<i>Dialum guianense</i>	Tamarindo	7.3
	<i>Tabebuia</i> sp.	Roble coral	5.1
	<i>Laetia procera</i>	Areno	4.8
	<i>Calophyllum brasiliensis</i>	Maria	3.6
	<i>Vochysia ferruginea</i>	Botarrama	3.4
	<i>Brosimum</i> sp.	Ojoche	2.9
	<i>Pouteria</i> sp.	Nispero macho	2.8
2	<i>Dipteryx panamensis</i>	Almendro	41.2
	<i>Dialum guianense</i>	Tamarindo	18.0
	<i>Carapa guianensis</i>	Cedro macho	6.7
	<i>Manilkara sapota</i>	Nispero	4.8
	<i>Tetragastris panamensis</i>	Kerosin	4.6
	<i>Laetia procera</i>	Areno	3.7
	<i>Lecythis ampla</i>	Pansuba	3.5
	<i>Sacoglottis trichogyna</i>	Rosita	2.9
	<i>Guarea</i> sp.	Bejuco	2.3
	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Guanacaste	1.6
1	<i>Dipteryx panamensis</i>	Almendro	27.3
	<i>Carapa guianensis</i>	Cedro macho	16.0
	<i>Terminalia</i> sp.	Guayabo	9.1
	<i>Vochysia ferruginea</i>	Botarrama	7.5
	<i>Dialum guianense</i>	Tamarindo	6.1
	<i>Manilkara sapota</i>	Nispero	6.0
	<i>Sacoglottis trichogyna</i>	Rosita	5.4
	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Guanacaste	4.4

	Laetia procera	Areno	3.7
	Lecythis ampla	Pansuba	3.7
3	Dipteryx panamensis	Almendo	37.6
	Dialium guianense	Tamarindo	12.7
	Tetragastris panamensis	Kerosene	7.1
	Enterolobium cyclocarpum	Guanacaste	6.9
	Manilkara sapota	Níspero	4.2
	Vochysia ferruginea	Botarama	4.1
	Terminalia sp.	Guayabo	3.4
	Carapa guianensis	Cedro macho	3.3
	Tapa botija	Tapa botija	2.0
	Laetia procera	Areno	1.8
Id: Identificador			
Los identificadores se encuentran indicados en el mapa del Anexo 6			

Mapa de ubicación de Poas Según los estratos de muestreo

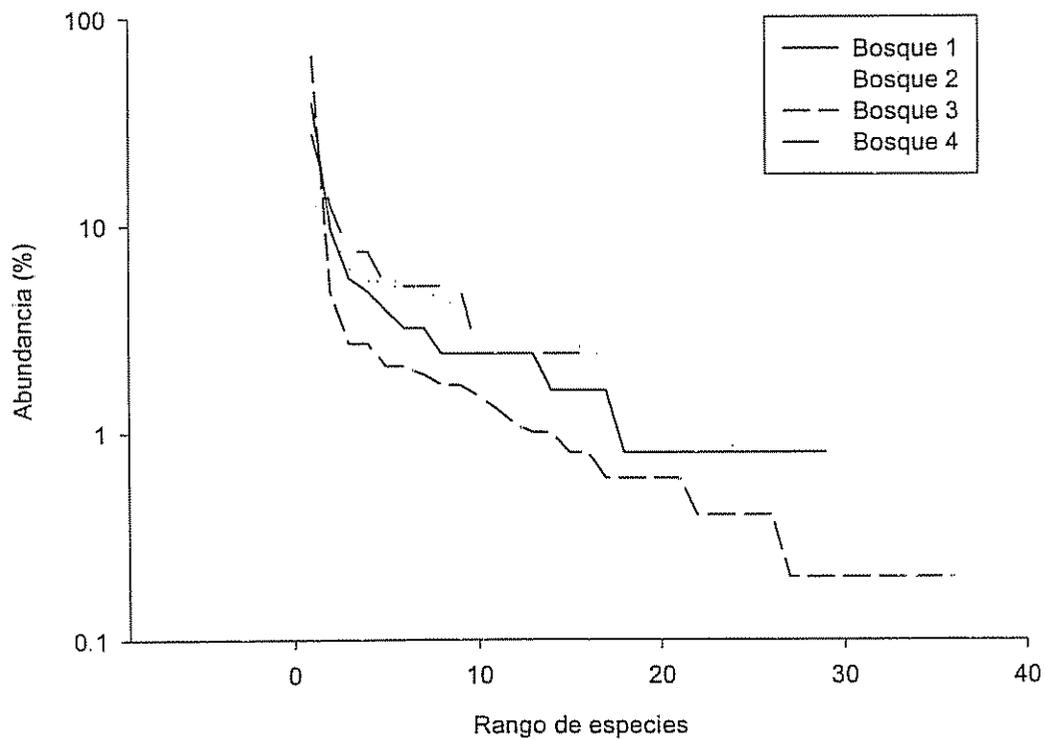


Curva de acumulación de especies por tipo de bosque en relación al área de muestreo



Indices	Bosque 1		Bosque 2		Bosque 3		Bosque 4	
	Media	Desvío	Media	Desvío	Media	Desvío	Media	Desvío
Riqueza de especies (0.25 ha)	8.83	1.60	11.43	3.41	11.63	2.33	7.67	3.21
Riqueza de especies (10 ind)	8.60	7.06	10.06	7.47	4.87	5.48	9.30	5.11
Diversidad de Fisher	10.00	4.74	20.11	17.63	9.97	5.19	10.13	5.23
Diversidad de Shannon	1.93	0.18	2.23	0.44	2.20	0.25	1.80	0.49
Diversidad de Simpson	10.86	7.24	23.57	21.54	11.79	5.24	9.50	4.09

Curva Rango Abundancia



Bosque 1= Pentaclethra; Bosque 2= Brosimum, Dialum y Luehea; Bosque 3= Astrocaryum; y Bosque 4= Dipteryx

Bosque 1 (Pentaclethra)			
	Nombre científico	Nombre común	IVI
1	<i>Pentaclethra macroloba</i>	Gavilan	28.06
2	<i>Dialum guianense</i>	Tamarindo	11.97
3	<i>Dipteryx panamensis</i>	Almendro	5.28
4	<i>Brosimum sp.</i>	Ojoche	4.19
5	<i>Tetragastris panamensis</i>	Kerosin	3.95
6	<i>Apeiba membranacea</i>	Peine de mico	3.73
7	<i>Dussia macrophyllata</i>	Canjuron	3.43
8	<i>Pterocarpus rohrii</i>	Sangregrado	3.22
9	<i>Croton smithianus</i>	Algodón	2.71
10	<i>Virola sp.</i>	Sebo	2.64
Suma			69.20

Bosque 2 (Brosimum, Dialum y Luehea)			
	Nombre científico	Nombre común	IVI
1	<i>Brosimum sp.</i>	Ojoche	11.15
2	<i>Dialum guianense</i>	Tamarindo	9.02
3	<i>Luehea seemannii</i>	Guacimo	7.85
4	<i>Anacardium excelsum</i>	Espavel	6.68
5	<i>Terminalia sp.</i>	Guayabon	5.25
6	<i>Guarea sp.</i>	Pronto alivio	5.03
7	<i>Protium sp.</i>	Alcanfor	4.93
8	<i>Hura crepitans</i>	Jabillon	4.65
9	<i>Casearia sylvestris</i>	Polvora	4.44
10	<i>Pouteria sp.</i>	Zapotillo	4.06
Suma			63.04

Bosque 3 (Astrocaryum)			
	Nombre científico	Nombre común	IVI
1	<i>Astrocaryum alatum</i>	Casca	29.36
2	<i>Carapa guianensis</i>	Cedro macho	7.66
3	<i>Pterocarpus rohrii</i>	Sangregrado	5.51
4	<i>Apeiba membranacea</i>	Peine de mico	4.99
5	<i>Luehea seemannii</i>	Guacimo	4.48
6	<i>Dialum guianense</i>	Tamarindo	4.18
7	<i>Vochysia ferruginea</i>	Botarrama	3.81
8	<i>Dipteryx panamensis</i>	Almendro	3.24
9	<i>Terminalia sp.</i>	Guayabo de charco	3.23
10	<i>Lacmellea panamensis</i>	Leche de vaca	2.60
Suma			69.06

Bosque 4 (Dipteryx)			
	Nombre científico	Nombre común	IVI
1	Dipteryx panamensis	Almendro	33.05
2	Dialum guianense	Tamarindo	7.17
3	Tetragastris panamensis	Kerosin	5.16
4	Simarouba amara	Acetuno	5.03
5	Lacmellea panamensis	Leche de vaca	4.90
6	Cespedesia macrophylla	Tabacon	4.77
7	Inga sp.	Guabo	4.68
8	No identificado	Algodón de charco	4.61
9	Brosimum sp.	Ojoche	3.80
10	Carapa guienensis	Cedro macho	3.29
Suma			76.47