



Ecología de Bosques Tropicales

**Efectos de la corta
selectiva sobre la
composición florística
y la estructura de los
bosques húmedos
de la vertiente Atlántica
de Costa Rica**

Ecología de Bosques Tropicales

**Efectos de la corta
selectiva sobre la
composición florística
y la estructura de los
bosques húmedos
de la vertiente Atlántica de
Costa Rica**

Dr. Ulrike Wagner

Eschborn 2000

Número de la serie: TÖB F- II/9s

Publicado por la: Deutsche Gesellschaft für
Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH
Postfach 5180, D-65726 Eschborn
República Federal de Alemania

Responsable: Begleitprogramm Tropenökologie (TÖB)
Dr. Claus Baetke

Autores: Dr. Ulrike Wagner
c/o Deutscher Entwicklungsdienst
Jr. Los Manzanos 119, Lima 27, San Isidro, PERU

Redacción: Michaela Hammer, Stefanie Eissing

ISBN: 3-933984-60-2

Precio: DM 10,-

Producción: TZ Verlagsgesellschaft mbH, 64380 Roßdorf,
Alemania

© 2000 Todos los derechos reservados

Prefacio

Los ecosistemas tropicales son la base de la existencia de una inmensa mayoría de la población mundial. Sin embargo, la progresiva destrucción y degradación de los recursos naturales en los países en desarrollo amenazan el éxito de los esfuerzos que se realizan para lograr un desarrollo sostenible y combatir de manera eficaz la pobreza.

Dentro del marco de la cooperación al desarrollo, el Programa de Apoyo Ecológico (TÖB) tiene el propósito de contribuir a elaborar, evaluar y aplicar con eficiencia las informaciones y experiencias adquiridas en este ámbito.

El Programa de Apoyo Ecológico es un proyecto de carácter suprarregional realizado por la Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH por encargo del Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo de la República Federal de Alemania (BMZ).

A solicitud de los interesados, el programa fomenta estudios complementarios sobre temas de relevancia ecológica para las regiones tropicales. La idea es contribuir al perfeccionamiento de estrategias para la protección y el uso sostenible de los ecosistemas tropicales y, sobre esta base, desarrollar instrumentos innovadores para una cooperación al desarrollo que tenga debidamente en cuenta los aspectos del medio ambiente.

La integración de los conocimientos científicos en las actividades de asesoramiento ayuda a los respectivos proyectos a llevar a la práctica los acuerdos internacionales pertinentes, en particular el *Programa 21* y la *Convención sobre la Biodiversidad*, a los que el BMZ otorga una especial importancia.

Un elemento esencial del enfoque de este programa es que los científicos alemanes aborden conjuntamente con científicos de los países contraparte temas orientados a la aplicación. Con ello, el programa contribuye también al perfeccionamiento de los expertos nacionales conforme a las exigencias de la práctica, y a la ampliación de los conocimientos específicos de ecología tropical en los países en desarrollo.

A través de textos breves y fácilmente comprensibles, la serie de publicaciones del Programa de Apoyo Ecológico pone los resultados de los estudios complementarios y las recomendaciones de actuación extraídas de ellos al alcance de las organizaciones e instituciones que actúan en el campo de la Cooperación al Desarrollo, así como de todos aquellos que se interesan por temas de política de protección ambiental y de desarrollo.

I. Hoven

Jefe de la sección
Protección del medio ambiente y de los recursos naturales, gestión de recursos forestales

Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ)

Dr. C. van Tuyll

Jefe de la división
Desarrollo rural

Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH

Agradecimientos

En primer lugar quiero agradecer al PD Gerald Kapp por la propuesta de un tema de proyecto sumamente interesante y motivador, al Prof. J. Huss por mi integración en el instituto de silvicultura, al Prof. A. Reif como consejero en el análisis de la vegetación y a todos mis colegas de la Universidad de Freiburg por el inspirador y solidario ambiente de trabajo.

Agradezco mucho al Proyecto Agroforestal de GTZ en el CATIE (Líder Dr. E. Köpsell, anteriormente Dr. A. Bonnemann) y al "Proyecto Zona Atlántica" de la Universidad de Wageningen por su acogida y aceptación. Sin su excelente apoyo logístico y administrativo, la amplia fase de campo no hubiera sido posible de esta forma. También agradezco a la GTZ por su apoyo financiero otorgado bajo el "Programa de Apoyo Ecológico" (TOEB).

Quiero expresar mi agradecimiento especial a Sabine Wetzel (Universidad de Hohenheim), y a Birgit Zoglmeier (Universidad de München), quienes durante 3 meses compartieron conmigo las intensas lluvias, los mosquitos y las dificultades del terreno. De igual forma a Juan Díaz por sus excelentes ilustraciones y las correcciones de la traducción.

Agradezco a los doctores Cesar Sabogal, Bryan Finegan y Daniel Marmillod de la "Unidad de Manejo de Bosques Naturales" del CATIE, por sus excelentes consejos durante el desarrollo del concepto de la tesis y por facilitar mi integración al proyecto RENARM/USAID. Especialmente a Bryan Finegan que me asesoró hasta el final de la fase de campo.

A Carlos Pérez, Marvin Saborío y German Aviles por su extraordinario empeño, su compañía y excelente trabajo durante tantos días en el campo; igual a Oscar Fonseca por todo el apoyo brindado.

A Martín Artavia, Gina Umaña, José Gonzalez, y toda la gente del Herbario Nacional, los herbarios del CATIE, del InBio y de La Selva por su apoyo en la identificación de tantas "matas".

Contenido

AGRADECIMIENTOS	I
CONTENIDO	III
LISTA DE FIGURAS	V
LISTA DE TABLAS.....	VI
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN	XI
1 INTRODUCCIÓN A LA PROBLEMÁTICA.....	1
1.1 Problemática.....	3
1.2 Objetivos de la investigación	5
1.3 Actividades y Resultados esperados.....	6
1.4 Metodología.....	7
1.5 Cooperación y consejeros.....	8
2 RESULTADOS.....	11
2.1 Caracterización del bosque no intervenido	11
2.1.1 Estructura	11
2.1.2 Número de individuos y Área basal.....	12
2.1.3 Evaluación silvicultural.....	12
2.1.4 Composición florística.....	14
2.1.5 Biodiversidad.....	16
2.2 Efectos de la corta selectiva	18
2.2.1 Efectos de la corta sobre el bosque.....	19
2.2.2 Condiciones de sitio	21
2.2.3 Crecimiento diamétrico.....	22

2.3	Desarrollo del bosque después del aprovechamiento	24
2.3.1	Número de Individuos.....	25
2.3.2	Grupos ecológicos	26
2.3.3	Número de especies e índices de biodiversidad.....	27
2.3.4	Cambios en la composición florística.....	29
2.3.5	Criterios silviculturales importantes	32
3	IMPORTANCIA PRÁCTICA.....	37
3.1	Importancia de inventarios de la vegetación de bosques naturales.....	38
3.2	Metodología del levantamiento.....	39
3.3	Bioindicadores.....	41
3.4	Necesidad de futuras investigaciones	43
4	RECOMENDACIONES PARA PROYECTOS	45
4.1	Énfasis en el Manejo Sustentable de Bosques Naturales.....	45
4.2	Manejo de Bosques para mantener su Biodiversidad	47
4.3	Criterios para la Certificación del Manejo Maderero.....	48
5	BIBLIOGRAFÍA.....	51
	ANEXOS.....	55
	Anexo 1.4 Metodología: Clases Diamétricas y Tamaños de Parcelas	55
	Anexo 2.1.1 Diagrama Estructural del Estrato DAP > 10 cm (Abb. 2).....	56
	Anexo 2.1.2 : Especies más importantes en las parcelas permanentes.....	57
	Anexo 2.1.3 Biodiversidad	59
	Anexo 2.2: Reglamento para el Manejo de Bosques de Costa Rica.....	60
	Anexo 2.3.4 Índice de Similitud de Soerensen.....	61

Lista de Figuras

Fig 1: Disminución de los bosques (áreas con cobertura arborescente > 80 %) en Costa Rica. Según DGF (1988).	2
Fig. 2: Bosques (cobertura arborescente > 80 %) y áreas protegidas en la zona, y ubicación de los sitios de investigación. Según Harcourt & Sayer (1996).	4
Fig. 3: Estructura del estrato arborescente (DAP > 10 cm). Especies ver Anexo 2.1.1.	11
Fig. 4: a) Número de individuos y b) Área basál de la vegetación con DAP > 10 cm por clase diamétrica.....	12
Fig. 5: Abundancia (N/ha) por especie en el estrato arborescente (DAP > 10 cm).....	15
Fig. 6: Caracterización de los tipos de perturbación, aplicados en este trabajo.....	20
Fig. 7: Proporción del número de individuos de los diferentes grupos ecológicos en todos los estratos según edad post-aprovechamiento y promedio de bosques no intervenidos.	26
Fig. 8: Número de especies según edad post-aprovechamiento, en comparación un bosque sin intervención (Corinto), determinado por curvas área-especie.....	28
Fig. 9: Comparación del número de individuos en el bosque sin intervención (claro) con sitios perturbados (negro). Especies ordenadas según demanda de luz. El gráfico esta basado en los datos del Sitio Horquetas, 7 años después del aprovechamiento forestal.	31
Fig. 10: Ocupación de parcelas con especies actualmente maderables o potenciales.....	35

Lista de Tablas

Tab. 1: Número de árboles (N/ha) y área basal (m ² /ha) o cobertura de la copa (m ² /ha) de especies comerciales por clases diamétricas.....	13
Tab. 2: Número de individuos, de especies e índice de biodiversidad de SHANNON-WIENER (H'), según clases diamétricas y en total. Datos de parcelas permanentes (8 x 0.25 ha).....	17
Tab. 3: Área del bosque (%) afectada por el aprovechamiento; Sitio Corinto, Cosecha 1992 y 1994/1995. ^{a)} Resultados del inventario sistemático; ^{b)} Promedio de 3 Parcelas Permanentes aprovechadas. n.m. = "no se midió".....	19
Tab. 4: Incrementos promedios anuales (cm/año) y número de individuos (N) en los años 1994/95 y 1995/96 en parcelas no intervenidas y aprovechadas, Sitio Corinto. Clases diamétricas DAP > 10 cm y DAP 2,5 a 9,9 cm.	22
Tab. 5: Promedio del número de individuos (N/ha) por clase diamétrica y tiempo después del aprovechamiento, en comparación con el promedio de las parcelas no intervenidas.	25
Tab. 6: Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') para bosque no intervenido y áreas intervenidas, según edad post-aprovechamiento y tipo de sitio (claro; camino).....	28
Tab. 7: Porcentaje (%) de especies típicas para el bosque primario en áreas intervenidas (claros de corta y caminos) después de diferentes tiempos según el índice de Soerensen.	30
Tab. 8. Abundancia (N/ha) de especies maderables y potenciales en áreas perturbadas (según clase diamétrica y tiempo post-aprovechamiento) y en bosques no intervenidos.....	33
Tab. 9: Área basal (m ² /ha) o cobertura (%) de especies maderables y potenciales en áreas perturbadas y bosque no intervenido, según clase diamétrica y tiempo post-aprovechamiento.....	34

Tab. 10: Especies indicadoras de perturbaciones fuertes.....	42
Tab. 11: Clases diamétricas, Tamaños de Parcelas y Proporción del área muestreada de las parcelas permanentes, y total del área muestreada por clase diamétrica.	55
Tab. 12: Lista de especies del diagrama estructural (Fig. 2).....	56
Tab. 13: Especies más importantes de la clase diamétrica DAP > 10 cm: Abundancia (N/ha), Dominancia (m ² /ha) y IVI (%).	57
Tab. 14: Especies más importantes de la clase diamétrica 2,5-10 cm DAP: Abundancia (N/ha), Dominancia (m ² /ha) y IVI (%).	57
Tab. 15: Especies más importantes de la clase diamétrica < 2,5 cm DAP, con altura > 30 cm. Abundancia (N/ha), Cobertura (m ² /ha) y IVI (%).	58

Glosario

DAP	Diámetro a la altura del pecho (1, 3 m)
DGF	Dirección General Forestal de Costa Rica
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CODEFORSA	Corporación de Desarrollo Forestal de San Carlos
COSEFORMA	Cooperación en los Sectores Forestal y Maderero (Proyecto Forestal GTZ/DGF/ITCR/INA, Zona Norte)
COSUDE	Cooperación Suiza para el Desarrollo
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FSC	Forest Stewardship Council
FUNDECOR	Fundación de la Cordillera Volcánica Central
GTZ	Cooperación Técnica Alemana
DMC	Diámetro mínimo de corta (en cm)
OLAFO	Proyecto Regional de Conservación para el Desarrollo en América Central (Dinamarca/
RENARM	Manejo Regional de Recursos Naturales y Ambiente

Términos Técnicos

- **Especies ruderales:** Especies típicas para sitios perturbados, p.e. bordes de caminos, terrenos baldíos.
- **Árboles actualmente comerciales:** Especies de árboles que regularmente son extraídos de la zona de investigación, aparecen en la lista de calidades de madera de la DGF para cobro de los impuestos del aprovechamiento.
- **Especies potencialmente comerciales:** Especies de árboles de bosques primarios con uso local, en la actualidad muy poco aprovechadas de forma comercial, y en parte aún no incluidas en la lista arriba mencionada.
- **Árbol de futura cosecha:** Árbol de una especie comercial con buen fuste y buena copa, que todavía no alcanza el DMC.

Resumen

Ante la amenaza de la completa desaparición de los bosques naturales de Costa Rica, se prohibió por ley la tala rasa de los bosques primarios del país.

Desde 1987, los bosques de Costa Rica están siendo aprovechados bajo un sistema de corta selectiva, el cual permite como máximo la corta del 60 % de los árboles aprovechables y considera zonas de protección tanto en pendientes (> 50 %) como a lo largo de cauces permanentes de agua.

Los efectos de la corta selectiva sobre los bosques son hasta ahora poco conocidos, igualmente son necesarios conocimientos sobre la regeneración y los requerimientos de luz de muchas de las actuales especies comerciales.

La Meta de esta investigación fue la documentación de los efectos de la corta selectiva sobre la composición florística y la estructura de los bosques de la vertiente atlántica de la Cordillera Central de Costa Rica, la evaluación de los resultados obtenidos con respecto a la sostenibilidad del manejo, y con esta base dar recomendaciones para el desarrollo de un sistema silvicultural.

Métodos

Los estudios comparativos entre bosques aprovechados y bosques no alterados facilitan la documentación y evaluación de los efectos del actual sistema de manejo. Al no existir estudios a largo plazo sobre bosques aprovechados por corta selectiva, el desarrollo de la vegetación es observado en bosques aprovechados solo una vez, en parcelas de diferentes edades pos-aprovechamiento en sitios de condiciones ecológicas comparables.

Resultados

Los bosques de la vertiente atlántica están dominados por *Pentaclethra macroloba* (Fabaceae). Estos bosques son ricos en palmas (15-20 %) y de una gran riqueza de especies (> 400 especies y 80 familias no epífitas).

Estos bosques cuentan con un promedio de 480 árboles/ha y un área basal de 30 m²/ha tienen una estructura horizontal y vertical compleja y están dominados por especies esciófitas. Especies pioneras y lianas solo comprenden el 2 % de los individuos con un DAP > 10 cm.

Aunque existe un total de 40 especies maderables, en su mayoría de valor comercial mediano, el potencial económico de estos bosques se basa en solo 10 especies. Los árboles de especies comerciales constituyen la mayoría de individuos en las clases diamétricas mayores, sin embargo por la mala forma y calidad de sus fustes solamente 4-10 árboles/ha son aprovechables.

Aprovechamiento

Debido a la corta selectiva (2-6 árboles/ha) el número de árboles (> DMC) disminuyó un 20 % y el área basal un 25 %; adicionalmente un 15 % de los árboles con un DAP > 10 cm sufrieron daños durante el aprovechamiento.

Establecimiento y desarrollo de la vegetación

Debido a la diferencia muy pronunciada en las condiciones de micrositio (luz, exposición del suelo mineral, compactación y presencia de madera en descomposición), el desarrollo de la vegetación en caminos y claros de corta fue muy diferente en comparación a la regeneración natural del bosque sin intervención.

Por la aparición de especies ruderales y pioneras, el número de especies presentes en bosques aprovechados sobrepasó el número de especies encontrado en bosques sin intervención después de 2.5 años, pero disminuyó otra vez 14 años después de un aprovechamiento. Sin embargo, el porcentaje de especies típicas para bosques primarios alcanzó solo un 30 % poco tiempo después del aprovechamiento, y después de 14 años no sobrepasó el 70 %.

Como efecto decisivo de la corta selectiva, se identificó un cambio en la composición florística: especies esciófitas y tolerantes fueron remplazadas por especies pioneras y especies heliófitas. Esos cambios también incluyeron las especies comerciales: mientras especies heliófitas y las especies de valor comercial potencial se regeneraron mucho mejor, las especies esciófitas, que comprendían la mayor parte de las especies actualmente comerciales, disminuyeron mucho en abundancia. Por ello se debe tener en cuenta que, bajo la actual forma de manejo de los bosques húmedos de la vertiente atlántica de Costa Rica, ocurre un cambio en la composición florística.

Evaluación ecológica

La corta selectiva de baja intensidad no pone en peligro la conservación de la cobertura boscosa en la vertiente atlántica de Costa Rica. Sin embargo, ocasiona un cambio florístico, que a largo plazo no puede garantizar la conservación de muchas especies esciófitas, sobre todo si tienen semillas grandes, dispersadas por animales especializados.

Consecuencias para el manejo de los bosques

El desarrollo de la vegetación en las áreas perturbadas por el aprovechamiento

depende mucho de la intensidad de la intervención. Claros pequeños y aislados, poca exposición del suelo mineral (sobre todo menos compactación), y poca madera abandonada en el bosque facilitan un buen desarrollo de una regeneración natural de composición florística favorable para el manejo.

- Un aprovechamiento de poco impacto tiene prioridad absoluta.
- Los actuales métodos de aprovechamiento favorecen el establecimiento de pocas especies heliófitas de rápido crecimiento en perjuicio de una alta diversidad de especies esciófitas.

Se recomienda intervenciones silviculturales para concentrar el crecimiento en árboles de valor comercial y una duplicación del ciclo de corta (actualmente previsto: 10-15 años).

1 Introducción a la problemática

Desde los años ochenta, la rápida desaparición de los bosques tropicales sigue causando preocupación a nivel mundial. Hasta hoy, la razón principal para la pérdida de grandes áreas boscosas es su transformación en áreas de uso agrícola, bajo la falsa suposición de una mayor productividad de la agricultura. En consecuencia, darle valor a los bosques mediante un manejo sustentable muchas veces es considerada la única posibilidad de mantener la cobertura boscosa a largo plazo (principio "use it or lose it", según JOHNSON & CABARLE, 1993).

La situación de Costa Rica se presenta igual. Aunque el país es reconocido por su gran cobertura de áreas protegidas (25,7 % de la superficie), Costa Rica durante muchos años presentaba la más alta tasa de deforestación a nivel mundial en relación a su área (6-7 % de su superficie/año según PEDRONI, 1992).

Sobre todo en la segunda mitad del siglo la superficie boscosa del país disminuyó de manera dramática (ver Fig 1):

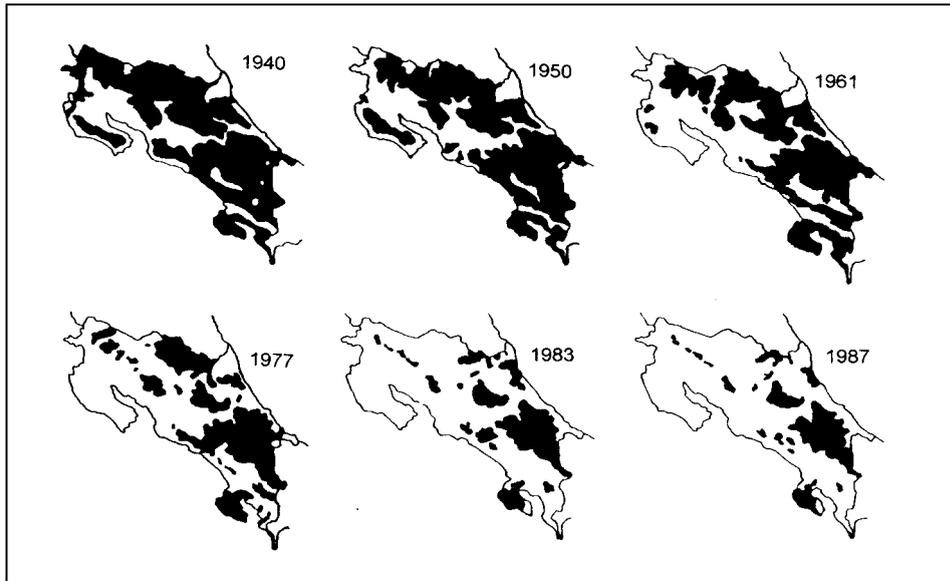


Fig 1: Disminución de los bosques (áreas con cobertura arborescente > 80 %) en Costa Rica. Según DGF (1988).

Solo cuando en el país mismo se levantaban voces alertando la cercanía a la pérdida completa de los bosques y la dependencia de importaciones de madera (FLORES, 1985; CHACON et al., 1993), en 1987 se prohibió por ley el cambio de uso de la tierra. Desde entonces, el aprovechamiento forestal legal se restringe a la corta selectiva de árboles bajo un plan de manejo (Ley No. 7174). Se permite como máximo la corta de un 60 % de los árboles maderables con DAP > 60 cm.

Aunque algunas de las organizaciones de manejo que trabajan bajo estos principios ya se encuentran certificadas por el FSC (p.e. FUNDECOR, ver AGUILAR, 1997), y se refiere a él como "manejo sustentable". Se desconocen prácticamente los efectos del manejo en la composición florística y la estructura de los bosques. Aún no se dispone de información sobre el

desarrollo de los rodales aprovechados desde que se aplicó la ley a nivel nacional en el año 1990.

1.1 Problemática

En la vertiente Atlántica de la Cordillera Volcánica Central, cerca del borde del Parque Nacional "Braulio Carillo", se encuentra una parte sustancial de las pocas áreas aún disponibles para un manejo forestal planificado (ver Fig. 2). Aquí la fragmentación de los bosques, típica para la Zona Norte, no es tan pronunciada. En consecuencia, estos bosques forman una efectiva zona de amortiguamiento entre el parque y la zona de pastoreo colindante.

En esta zona, la organización FUNDECOR trata de promover un manejo cuidadoso de los bosques naturales bajo las condiciones de la ley forestal vigente. Como hasta ese momento FUNDECOR no había realizado investigaciones propias, los efectos del manejo sobre los bosques de la zona aún no eran conocidos.

En la misma zona se encuentran áreas de investigación del CATIE, en una de ellas se evaluó la composición florística, la estructura y el crecimiento de bosques naturales (DELGADO, 1995), y se aplicaron aprovechamientos de impacto reducido a nivel experimental (CARRERA, 1993; QUIRÓS & FINEGAN, 1994).

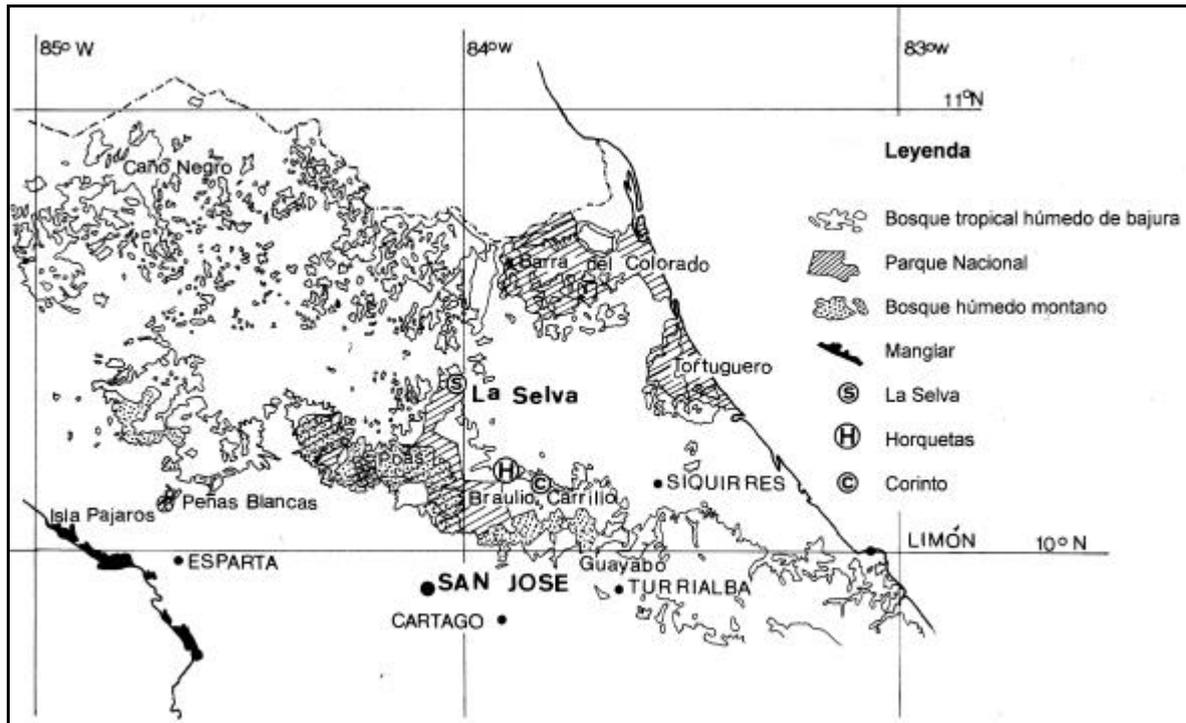


Fig. 2: Bosques (cobertura arborecente > 80 %) y áreas protegidas en la zona, y ubicación de los sitios de investigación. Según Harcourt & Sayer (1996).

Prácticamente no existen investigaciones sobre el **desarrollo a largo plazo** de los bosques bajo corta selectiva. Adicionalmente, los efectos del aprovechamiento sobre **composición florística** y **biodiversidad** de los bosques están casi sin investigar (con excepción de DELGADO, 1995). Sin embargo, estas informaciones serían fundamentales para comprobar la sustentabilidad del sistema de manejo.

Los bosques son manejados para impedir su desaparición - pero qué especies protegemos en los bosques manejados ?

Pueden los bosques aprovechados por corta selectiva de pocas especies de valor comercial, garantizar la sobrevivencia de especies típicas de bosques primarios a largo plazo?

1.2 Objetivos de la investigación

Meta de esta investigación es la documentación y el análisis de los efectos del aprovechamiento actual sobre la composición florística y la estructura de los bosques de la vertiente Atlántica de la Cordillera Central de Costa Rica.

En base a las observaciones se evaluará la importancia de los cambios documentados para el ecosistema bosque y su manejo futuro. Adicionalmente se harán recomendaciones para la disminución del impacto del aprovechamiento y para el desarrollo de un concepto silvicultural para este tipo de bosques.

Se tuvo que considerar los siguientes **puntos de partida**:

1. La composición florística de los bosques de la vertiente Atlántica no es suficientemente conocida, ya que los inventarios forestales generalmente se restringen a árboles de especies comerciales con diámetros mayores y las identificaciones de especies son poco confiables.
2. Como consecuencia de la alta tasa de deforestación y de la tardía aplicación de la ley forestal de 1987 (1990 a nivel nacional), existen pocos antiguos rodales aprovechados con una intensidad de corta comparable al

del estudio, que permitan obtener conclusiones sobre el desarrollo de bosques con extracción selectiva a mediano plazo.

1.3 Actividades y Resultados esperados

Los **resultados** esperados, fijados en los "términos de referencia", se alcanzaron mediante las siguientes **actividades**:

Resultado 1: Composición florística y estructura de los bosques del área de investigación son conocidas.

Actividades: Caracterización de bosques típicos sin aprovechamiento forestal en el área de investigación.

Resultado 2: Los efectos de la corta selectiva sobre el bosque remanente están documentados.

Actividades: Comparación basada en **Inventarios** (pre/post-cosecha).

Resultado 3: Regeneración y desarrollo de la vegetación a mediano plazo están documentados en áreas perturbadas por el aprovechamiento.

Actividades: Inventarios en bosques con diferentes edades post-cosecha; interpretación de los datos como "serie sucesional indirecta".

Resultado 4: Evaluación de la sustentabilidad del aprovechamiento

Actividades: Comparación de biodiversidad, composición florística y valores silviculturales entre áreas aprovechadas y no

perturbadas.

Evaluación del desarrollo observado del rodal bajo el criterio de la **sustentabilidad ecológica**.

Resultado 5: **Elaboración de recomendaciones** para mejorar la sustentabilidad del manejo de los bosques naturales.

Actividades: **Comparación** de las metas del manejo con el desarrollo del bosque aprovechado. Deducción de recomendaciones para la práctica forestal.

1.4 Metodología

Durante esta investigación se levantaron y evaluaron tanto los datos importantes para la descripción de la vegetación como los parámetros forestales:

- Inventario de la **vegetación > 30 cm de altura** en 3 estratos con distinto tamaño de parcelas y distinta intensidad de muestreo (ver Anexos).
- Evaluación de los efectos del aprovechamiento forestal en 8 **Parcelas de muestreo permanente** del tamaño 50 x 50 m (0,25 ha). Inventario de **parcelas temporales** en bosques de aprovechamientos mas antiguos.
- Inventarios de áreas perturbadas durante el aprovechamiento (**claros de corta y caminos**) 1 año; 2.5 años; 7 años y 14 años después de un aprovechamiento único; evaluación de los datos en forma de **una serie sucesional indirecta**: En bosques con composición florística e intensidad

de corta comparables (detalles en WAGNER, 1999) se inventariaron áreas perturbadas de diferentes edades post-aprovechamiento. Los resultados se consideraron representativos para el desarrollo del bosque remanente en un solo sitio en el transcurso del tiempo.

- Evaluación de la "**cercanía a la naturaleza**" de las áreas influenciadas por el aprovechamiento forestal mediante la composición florística, de los gremios y el coeficiente de similaridad de **Soerensen** (ver Anexos).
- definición de la **Biodiversidad** mediante el **Número de especies**, y el **índice de biodiversidad** de Shannon-Wiener (ver Anexos por formula).
- **Evaluación silvicultural** de las áreas basada en número de individuos, clases diamétricas, porcentaje de ocupación de parcelas con especies de actual o potencial valor comercial, y también su composición florística.

1.5 Cooperación y consejeros

La idea para el trabajo presentado aquí nació de la colaboración de PD. G. Kapp con el Proyecto Agroforestal de la GTZ en CATIE, Costa Rica.

El motivo para promover la temática era, que casi no existen investigaciones (comparar revisión de literatura en WAGNER, 1999) enfocadas en los efectos ecológicos del manejo llamado "manejo sustentable", o sea del aprovechamiento mejorado, que está puesto en práctica y recomendada por muchos proyectos (en Costa Rica p.e. CODEFORSA, COSEFORMA, COSUDE, FUNDECOR) para el manejo de bosques naturales.

La razón principal de la falta de información es, que la evaluación de los efectos ecológicos de las prácticas de manejo se dificulta por un gran requerimiento de tiempo y un diseño experimental complejo (en partes por la riqueza florística de los bosques), y por ello difícilmente puede ser realizada en el marco de un proyecto orientado a las prácticas del manejo. De otro lado, la sustentabilidad ecológica es una condición fundamental de gran importancia para la sustentabilidad del manejo de bosques en el sentido amplio.

Por estas razones la investigación presentada aquí se llevó a cabo mediante una cooperación del Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ con el Instituto de Silvicultura de la Universidad de Freiburg. Los resultados deben contribuir a una evaluación realista de las actuales prácticas de manejo y estimular su mejora.

El desarrollo del concepto de la investigación se benefició sustancialmente de su buena integración en la "Unidad de Manejo de Bosques Naturales" del CATIE. Los doctores C. Sabogal (RENARM), B. Finegan (COSUDE) y Dr. D. Marmillod (OLAFO) contribuyeron con el asesoramiento durante los 2 años de trabajo de campo. En Alemania, los Prof. J. Huss (Silvicultura) y Prof. A. Reif (Vegetación) asesoraron la fase final de la tesis.

En el marco de esta investigación se realizaron dos tesis de Maestría en CATIE y una tesis de Diploma de la Universidad de München (ZOGLMEIER, 1996).

Las parcelas de muestreo permanentes instaladas durante el estudio pasaron después a la Unidad de Manejo de Bosques del CATIE.

2 Resultados

2.1 Caracterización del bosque no intervenido

2.1.1 Estructura

Los bosques primarios de la vertiente Atlántica de la Cordillera Central en Costa Rica se caracterizan por su estructura compleja y su riqueza en palmas. De un dosel irregular de los bosques en una altura de 30 a 40 m sobresalen árboles emergentes singulares, alcanzando alturas de 50 m (ver Fig. 3). Lianas gruesas son relativamente escasas.



Fig. 3: Estructura del estrato arborecente (DAP > 10 cm). Especies ver Anexo 2.1.1.

2.1.2 Número de individuos y Área basal

La distribución de individuos por clases diamétricas de los bosques en el borde de la Cordillera demuestra la forma de J invertida, típica para bosques sin perturbaciones fuertes (Fig. 4). A un número elevado de árboles delgados corresponden pocos árboles de un DAP mayor a 80 cm.

La distribución del área basal por clases diamétricas tiene un máximo marcado en los diámetros medianos (DAP ca. 40-60 cm).

2.1.3 Evaluación silvicultural

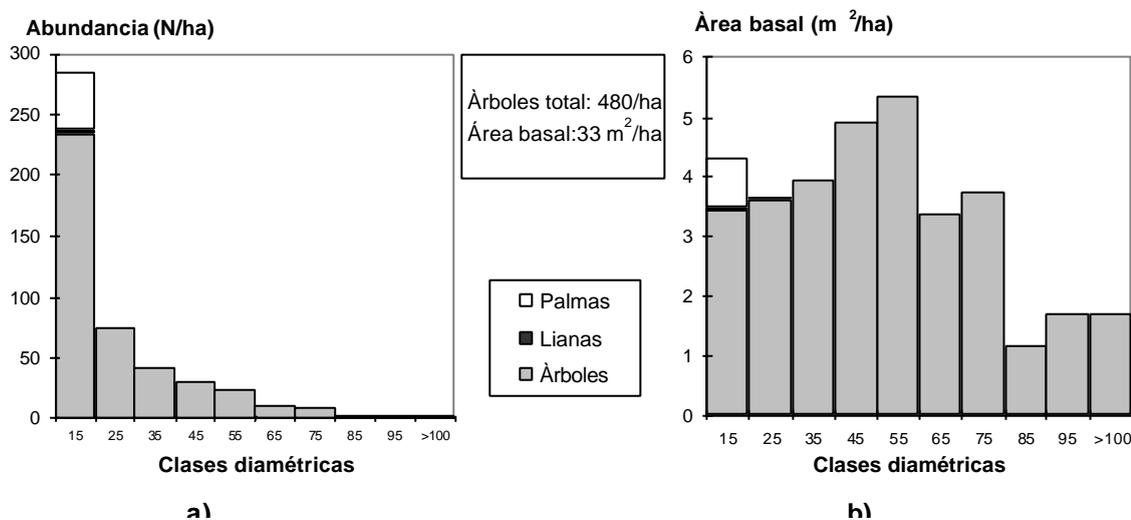


Fig. 4: a) Número de individuos y b) Área basal de la vegetación con DAP > 10 cm por clase diamétrica.

Como efecto de la escasez de madera, más que 300 especies son usadas a nivel local en Costa Rica (JIMENEZ & POVEDA, 1996). El mercado de madera

actualmente acepta más de 130 especies, de las cuales unas 40 están presentes en los bosques de la zona de investigación.

Mientras las especies actualmente maderables solo representan un 5 % de los individuos en las clases diamétricas menores, su porcentaje alcanza un 50 % de 20 á 60 cm de DAP y aumenta a 75 % por encima de 60 cm de DAP. Sin embargo, a causa de una mala forma del fuste, daños o pudrición, solo 7 a 15 árboles por ha con un DAP > 60 cm son comercialmente aceptables.

Tab. 1: Número de árboles (N/ha) y área basal (m²/ha) o cobertura de la copa (m²/ha) de especies comerciales por clases diamétricas.

Especies actualmente comerciales		DAP > 10 cm		DAP 2,5-10 cm		DAP < 2,5 cm	
Nombre científico	Nombre local	Número N/ha	AB m ² /ha	Número N/ha	AB m ² /ha	Número N/ha	Cob. m ² /ha
<i>Pentaclethra macroloba</i>	Gavilán	98	11,8	48	0,20	2275	39,0
<i>Minquartia guianensis</i>	Manú	15	1,4	20	0,01	250	2,4
<i>Virola sebifera</i>	Fruta	8	0,4	16	0,02	150	1,4
<i>Carapa guianensis</i>	Caobilla	7	1,0	2	<0,01	50	5,0
<i>Tapirira myriantha</i>	Manteco	7	1,6	2	<0,01	25	0,6
<i>Inga coruscans</i>	Guabo colorado	3	0,2	2	0,01		
<i>Virola koschnyi</i>	Fruta dorada	3	0,5	6	0,02		
<i>Guarea bullata</i>	Ocora	2	0,1	24	0,07	90	0,7
<i>Calophyllum brasiliense</i>	Cedro María	2	0,1	2	<0,01	400	18,0
<i>Hieronyma alchorneoides</i>	Pilón	2	0,9				
<i>Pithecellobium elegans</i>	Ajíllo	2	1,5			5	0,1
<i>Vitex cooperi</i>	Manú platano	2	0,3				
Total de especies principales		151	19,8	122	0,34	3240	67,2
Otras 7 especies comerciales		56	6,7	76	0,15	1500	34,8

La Tab. 1 muestra que la mayoría de los árboles comerciales con un DAP mayor a 10 cm pertenece solo a 5 especies. En esta clase diamétrica solo 12 especies están representadas con más de un individuo por hectárea.

Dentro de las especies comerciales domina *Pentaclethra macroloba*, que cuenta también con una excelente regeneración. Otras especies regularmente representadas en todos los estratos son *Minquartia guianensis* y *Virola sebifera*, característica que representa bien el carácter de **especies esciófitas**. Igualmente *Guarea bullata* y *Calophyllum brasiliense* muestran abundante regeneración y por ello pueden ser clasificadas como especies tolerantes a la sombra. La distribución diamétrica de *Inga coruscans*, *Hieronyma alchorneoides* y *Pithecellobium elegans* contrasta con el anterior grupo de especies, típico para **especies heliófitas**.

La mayor parte (85 %) de los árboles comerciales del bosque comprenden especies esciófitas; 13 % de los árboles aprovechables pertenecen a especies dióicas, o sea están presentes como individuos machos y hembras en el bosque. Aquellas especies son mas afectadas por el aprovechamiento forestal.

2.1.4 Composición florística

Los bosques en las colinas del pie de la Cordillera Central son ricos en palmas, y el estrato arborescente está dominado por *Pentaclethra macroloba*. Sin embargo presentan una gran riqueza florística, y su curva de abundancia de especies presenta una forma logarítmica (Fig. 5). En una hectárea se identificaron más de 100 especies con DAP > 10 cm. Al mismo tiempo solo 36 especies comprenden 75 % de los individuos, entre ellas 4 especies de palmas, (*Socratea exorrhiza*, *Iriartea deltoidea*, *Euterpe macrospadix*, *Welfia georgii*).

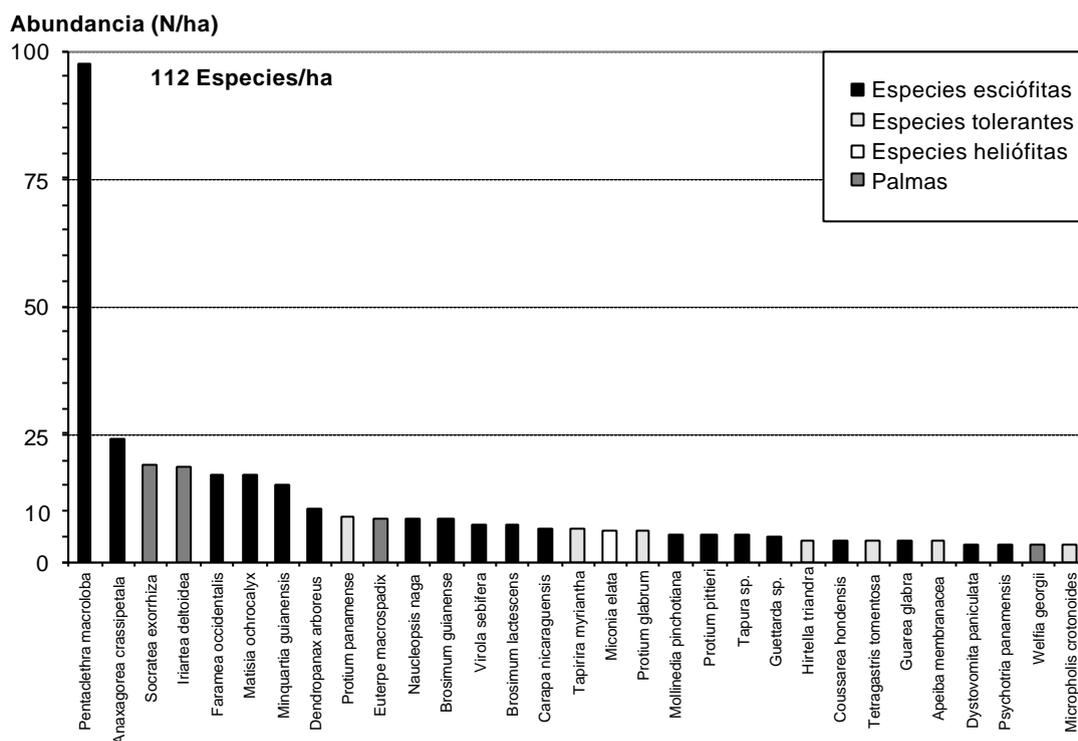


Fig. 5: Abundancia (N/ha) por especie en el estrato arborecente (DAP > 10 cm).

La baja abundancia de especies pioneras y heliófitas indica una baja frecuencia de disturbios, igual que el alto porcentaje de especies esciófitas. El estrato arbóreo bajo (2,5-10 cm DAP) y del sotobosque (< 2,5 cm DAP) presenta la misma tendencia. Las listas de las especies más importantes según su abundancia y dominancia en los tres estratos de los "bosques de *Pentaclethra* ricos en palmas" se encuentran en el Anexo 2.1.4.

2.1.5 Biodiversidad

La **biodiversidad** por una parte está definida por **la riqueza de especies** presentes, así que un número más alto de especies equivale a una mayor biodiversidad. Por otro lado, existe un gran número de **índices de biodiversidad**, estos también incluyen aspectos como la equitatividad. Un índice de biodiversidad ampliamente aplicado es el **índice de diversidad según SHANNON-WIENER (1976)**.



Foto 1: Vegetación de las cimas de las colinas, relativamente secas. Características típicas son el dosel relativamente ralo, el sotobosque abierto y las lianas grandes.

Riqueza florística: Los bosques del borde de la Cordillera Central presentan una gran riqueza florística (ver **Fehler! Unbekanntes Schalterargument.**).

En las parcelas permanentes (2 has) se identificaron más de 144 especies arborescentes con un DAP > 10 cm. En la clase diamétrica entre 2,5 y 9.9 cm se encontraron 160 especies (en 0,5 ha), y aprox. 200 especies en el sotobosque con un DAP < 2,5 cm (en 800 m²).

La gran riqueza se refleja en los altos **índices de biodiversidad** (ver Tab. 2), que alcanzan su máximo valor en el estrato de 2,5 a 10 cm de DAP, en su mayoría regeneración de árboles del dosel y subdosel.

Tab. 2: Número de individuos, de especies e índice de biodiversidad de SHANNON-WIENER (H'), según clases diamétricas y en total. Datos de parcelas permanentes (8 x 0.25 ha).

Clase Diamétrica (cm)	Área (ha)	Individuos (N)	No. de Especies S	Índice de Diversidad H'
> 10	2,00	925	144	5,57
2,5-10	0,50	754	160	6,04
< 2,5	0,08	1691	194	5,93
Total	(2,00)	3370	252	6,56



Foto 2: Vegetación del pie de colina. Existen buenas condiciones de crecimiento, p.e. para *Carapa guianensis*, una especie tolerante a la mas sombra con madera muy estimada para muebles.

Foto 3: Sotobosque denso de los valles húmedos. Detalle: *Asterogyne martiana*, unas de las especies de palmas frecuentes en el sotobosque

2.2 Efectos de la corta selectiva

El aprovechamiento de los bosques fue realizado por madereros, según los reglamentos legales presentados en el anexo 2.2. El arrastre se efectuó con tractores de oruga, equipados con un "winche" (cable). La **intensidad de corta** en la zona de investigación fue relativamente baja, comparada con otros

bosques de los trópicos húmedos latinoamericanos: Por hectárea se extrajeron solo de 2 a 6 árboles, equivalentes a un volumen de 13 a 20 m³/ha.

2.2.1 Efectos de la corta sobre el bosque

Según los informes oficiales, solo 7 a 10 % del área total del bosque resultó fuertemente perturbada por el aprovechamiento, lo cual correspondería a un **grado de perturbación** muy bajo (ver Tab. 3).

Tab. 3: Área del bosque (%) afectada por el aprovechamiento; Sitio Corinto, Cosecha 1992 y 1994/1995. ^{a)} Resultados del inventario sistemático; ^{b)} Promedio de 3 Parcelas Permanentes aprovechadas. n.m. = "no se midió".

Área del bosque (%) afectada por el aprovechamiento	Cosecha 1992		Cosecha 1994/1995	
	CARRERA (1993)	este trabajo ^{a)}	FUNDECOR (1995)	este trabajo ^{b)}
Total caminos de arrastre (%)	4,5	12,0	1,5	7,5
Claros de corta (%)	5,5	19,0	4,5	10,5
Bordes de claros o caminos	-	9,0	-	6,0
Total de áreas afectadas (%)	11,0	40,0	6,0	24,0
Ancho de camino (m), promedio	4,5	n.m.	4,0	6,0
Área de claro (m ²), promedio	83	285	64	250

Sin embargo, los datos levantados en este estudio, basados en **inventarios sistemáticos** sobre toda el área aprovechada, demuestran que los informes no representan las condiciones encontradas en el bosque mismo: En realidad, hasta 30 % del área del bosque fue afectada por el aprovechamiento (comparar Tab. 3). Como consecuencia del aprovechamiento, el **número de árboles** disminuyó un 20 % y el **área basal** hasta un 25 %. Responsables de esto son los **daños** causados directamente por la corta y el arrastre, pero

también el aumento en la mortalidad en los primeros años después del aprovechamiento.

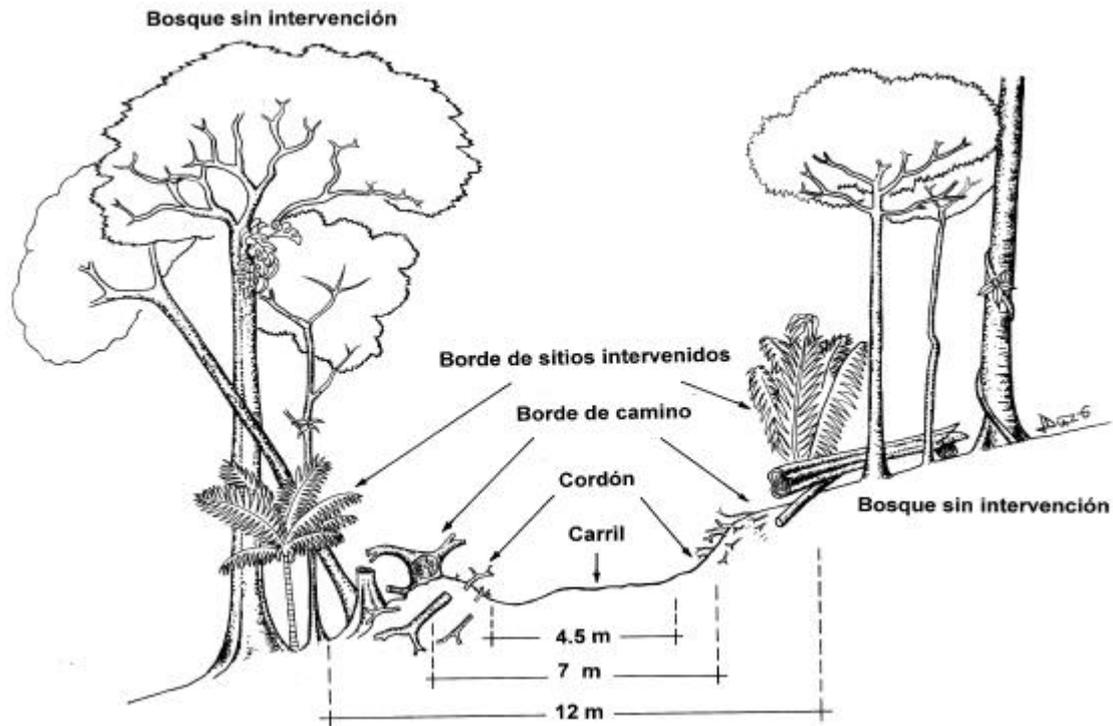


Fig. 6: Caracterización de los tipos de perturbación, aplicados en este trabajo.

La Fig. 6 muestra la clasificación de los diferentes **tipos de perturbación**, aplicados en este trabajo.

Los inventarios demostraron, que el **ancho efectivo de los caminos** (o sea carril + cordón) en el bosque resultó mucho mayor que el ancho de la maquinaria, y que el tamaño de los **claros de corta** fue considerablemente subestimado (comparar Tab. 3). El **borde de camino** no había sido considerado en los informes oficiales, pero demostró cambios en la composición florística.

Por otro lado, el porcentaje de áreas afectadas diagnosticado en este trabajo coincide muy bien con un modelo desarrollado por GULLISON & HARDNER (1993) y con los daños diagnosticados en otros bosques de Costa Rica por RODRIGUEZ & CALDERON (1996).

2.2.2 Condiciones de sitio

El alto porcentaje de áreas afectadas por el aprovechamiento es importante sobre todo, porque las **condiciones de sitio** en caminos secundarios y claros grandes difieren claramente de las condiciones del bosque sin intervención.

Los cambios más importantes ocurren en los siguientes **factores de sitio**:

- **Entrada de luz:** En claros grandes el fuerte aumento de la entrada de luz resulta en un cambio del **microclima** que da una **ventaja comparativa a especies heliófitas**.
- **Compactación del suelo:** En los caminos de arrastre se observó un **difícil establecimiento de la vegetación y una fuerte y intensa erosión**.
- **Madera en descomposición:** Después del aprovechamiento, aprox. 15 % de las parcelas estaban cubiertas en más de 50 % con madera (restos de copas y fustes con dimensiones grandes). Como las especies actualmente usadas son de maderas difícilmente degradables, los restos de madera impiden la regeneración de árboles en estos lugares por muchos años.
- **Cobertura con mantillo:** Como consecuencia del aprovechamiento en muchas partes el subsuelo quedó expuesto y privado de la **protección**

contra la erosión que brinda el mantillo. Las **semillas** son fácilmente **lavadas** del subsuelo desnudo por las fuertes lluvias de la zona; **especies que requieren de un mantillo para su establecimiento** (p.e. palmas) **no pueden establecerse** en estos sitios por años.

En las áreas perturbadas por el aprovechamiento los cambios en las condiciones del sitio mostraron fuertes efectos sobre el establecimiento, el crecimiento y la composición florística de la vegetación (ver Cap. 2.3).

2.2.3 Crecimiento diamétrico

Se calculó el crecimiento diamétrico de los árboles con DAP > 2,5 cm en las parcelas permanentes aprovechadas y testigos hasta 2 años después de la cosecha. Aún dentro de este periodo relativamente corto de observaciones, se identificaron diferencias significativas entre los tratamientos (ver Tab. 4):

Tab. 4: Incrementos promedios anuales (cm/año) y número de individuos (N) en los años 1994/95 y 1995/96 en parcelas no intervenidas y aprovechadas, Sitio Corinto. Clases diamétricas DAP > 10 cm y DAP 2,5 a 9,9 cm.

Incrementos promedios anuales	Bosque sin intervención			Bosque aprovechado		
	Incremento 1994/95	Incremento 1995/96	No.Indiv.	Incremento 1994/95	Incremento 1995/96	No.Indiv
Clase diamétrica	(cm/año)	(cm/año)	N	(cm/año)	(cm/año)	N
DAP > 10 cm	0,20	0,26	338	0,28	0,42	253
DAP 2,5-9,9 cm	0,11	0,11	272	0,23	0,27	220

Árboles > 10 cm DAP: En los años 1994-1996 el crecimiento diamétrico promedio del bosque sin intervención fue de 0,23 cm/año. En las parcelas aprovechadas, el crecimiento promedio de 0,3 cm en el primer año después de la intervención sobrepasó este valor, y alcanzó 0,4 cm en el segundo año. Sin embargo, según JONKERS (1987) el crecimiento acelerado por la apertura del dosel en consecuencia de la cosecha se mantiene solo pocos años. Según las observaciones de este estudio se restringe a árboles no dañados en los bordes de caminos y claros de corta.

Árboles con DAP 2,5 a 9,9 cm: El crecimiento diamétrico anual de este estrato en el bosque sin intervención se calculó en solo 1 mm. En las parcelas afectadas por el aprovechamiento, el crecimiento promedio alcanzó casi 3 mm/año en el segundo año después del aprovechamiento. Durante los primeros 3 años post-cosecha el crecimiento acelerado todavía no ha producido un aumento en el área basal debido a un aumento en la mortalidad.



Foto 4: Pista de arrastre poco después del aprovechamiento. Se nota muy bien la profundización del camino en la colina (izquierda), la compactación en el carril mismo (centro) y la tierra amontonada en el cordón.



Foto 5: Claro de corta típico, con troza de la base dejada en el bosque (adelante), carril (en el medio) y vegetación aplastada con los restos de la copa (en el fondo). Sitio Corinto.

2.3 Desarrollo del bosque después del aprovechamiento

Se comparó el desarrollo de la vegetación en las áreas afectadas por el aprovechamiento (camino de arrastre y claros) en bosques de composición florística y estructura comparables, pero con edad post-aprovechamiento diferente (muestreo en bosques 1 año; 2,5 años; 7 años y 14 años después de la corta). Después de comprobar estadísticamente la similaridad de los bosques (ver WAGNER, 1999), los datos de los muestreos se consideraron y evaluaron como una serie sucesional indirecta.

2.3.1 Número de Individuos

En la mayoría de las parcelas se encontró un fuerte desarrollo de la vegetación, que se inició directamente después del aprovechamiento maderero (ver Tab. 5).

Tab. 5: Promedio del número de individuos (N/ha) por clase diamétrica y tiempo después del aprovechamiento, en comparación con el promedio de las parcelas no intervenidas.

Clases diamétricas (cm)	Número de individuos en parcelas intervenidas				Bosques sin intervención
	Tiempo después del aprovechamiento (años)				Promedio
	1	2,5	7	14	
< 2,5	20.000	40.000	30.000	18.000	22.500
2,5-10	0	1.400	2.500	1.900	1.600
> 10	0	295	310	440	480

Debido a las favorables condiciones de luz, el **ingreso** a las clases diamétricas mas altas también se produjo relativamente rápido. Después de 14 años, el número de individuos (DAP > 10 cm) en claros se había acercado al valor típico para bosques sin intervención; la **altura promedio** del dosel alcanzó 20 m.

Bajo un **estrato de regeneración** (DAP 2,5-9,9 cm) sumamente denso, 14 años post-aprovechamiento se observó un reducido número de individuos en el **sotobosque**, sobre todo como consecuencia de la falta de luz (Tabla 5).

2.3.2 Grupos ecológicos

El agrupamiento de especies en **grupos ecológicos** generalmente se efectúa con base al factor de sitio más importante para su supervivencia. En el bosque tropical por convención se considera la **luz** como factor ecológico decisivo.

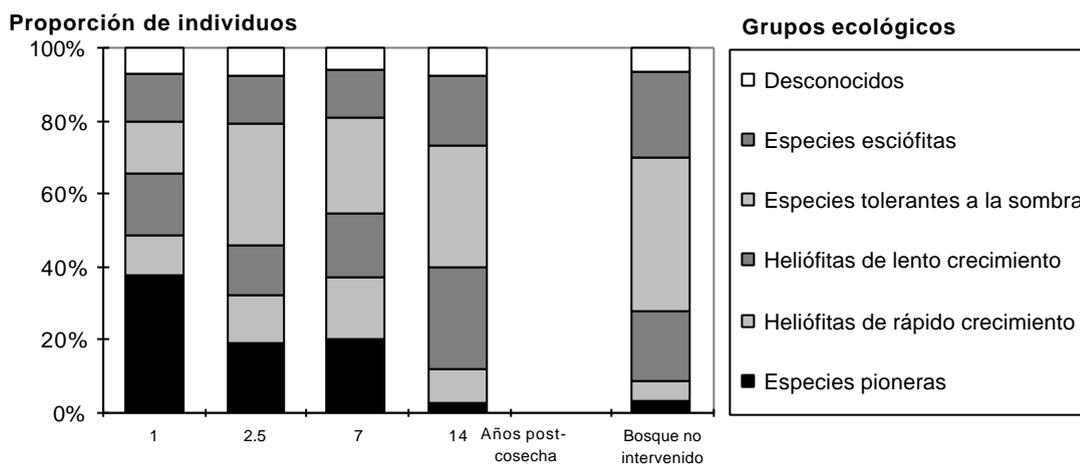


Fig. 7: Proporción del número de individuos de los diferentes grupos ecológicos en todos los estratos según edad post-aprovechamiento y promedio de bosques no intervenidos.

Incluyendo datos de literatura y la información encontrada en muestras de herbario, las especies observadas fueron clasificadas en cinco **grupos ecológicos** con base en su presencia sobre sitios de diferente iluminación, su comportamiento en establecimiento y crecimiento, además a la capacidad de colonizar áreas perturbadas: Pioneras, especies heliófitas de rápido y de lento crecimiento, especies tolerantes a la sombra y especies esciófitas. Se añadió además el grupo de especies con requerimientos desconocidos (“desconocidos”). Se trata sobre todo de especies que no pudieron ser clasificadas por el bajo número de observaciones.

Recién 14 años después del aprovechamiento, el número de pioneras en los claros había disminuido a un valor característico para bosques no intervenidos y el porcentaje de especies tolerantes y esciófitas había aumentado significativamente. El porcentaje de especies heliófitas de rápido y lento crecimiento permaneció ligeramente elevado en comparación con los bosques no intervenidos.

2.3.3 Número de especies e índices de biodiversidad

Número de especies

Como consecuencia de la vigorosa regeneración en las áreas intervenidas después del aprovechamiento, el número de especies del bosque sin intervención fue alcanzado rápidamente y sobrepasado solo 2,5 años post-cosecha (ver Fig. 8).

El máximo número de especies se encontró 7 años después del aprovechamiento, cuando estaban presentes especies pioneras, especies heliófitas y especies típicas del bosque primario. Como consecuencia de la desaparición de especies pioneras, el número de especies empezó a disminuir en los años siguientes.

Número acumulado de especies

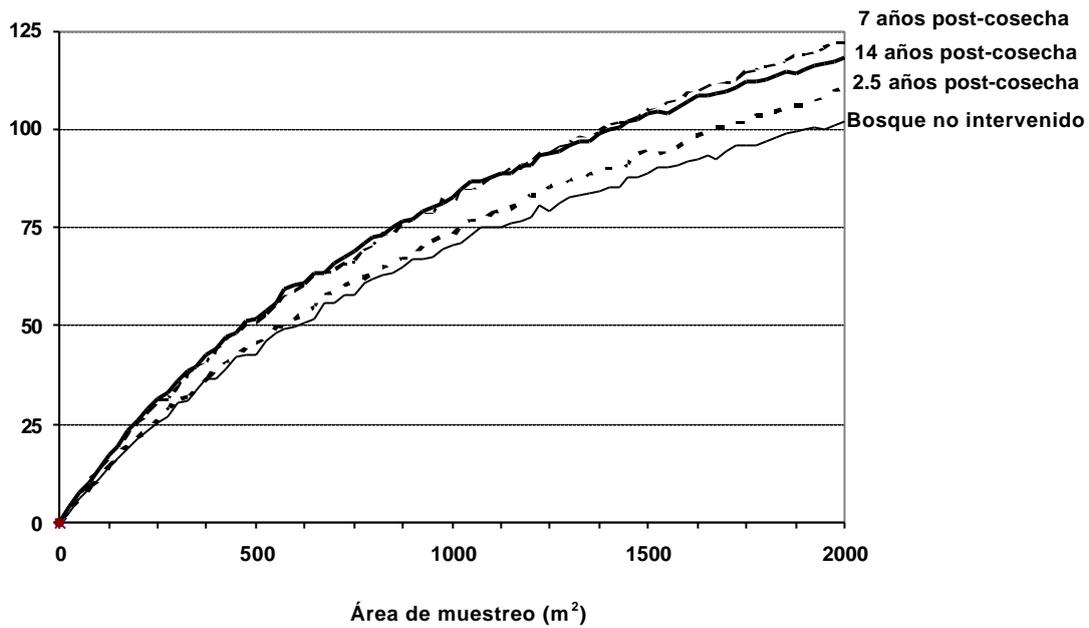


Fig. 8: Número de especies según edad post-aprovechamiento, en comparación un bosque sin intervención (Corinto), determinado por curvas área-especie.

Índice de Diversidad de Shannon-Wiener

El alto número de especies se refleja también en el índice de biodiversidad de Shannon-Wiener (Tab. 6), el cual alcanzó en los claros de corta el valor del bosque no intervenido después de 2,5 años.

Tab. 6: Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') para bosque no intervenido y áreas intervenidas, según edad post-aprovechamiento y tipo de sitio (claro; camino).

Índice de diversidad de áreas intervenidas			Bosque sin intervención
Edad post-aprovechamiento (años)	Claro de corta H'	Camino secundario H'	H'
1	5,7	4,6	6,6
2,5	6,4	5,3	6,4
7	6,5	5,7	6,4
14	6,9	n.b.	6,7

La Tab. 6 evidencia también que el desarrollo de la vegetación en los caminos secundarios es muy retrasado en relación a los claros de corta.

Con base en los indicadores cuantitativos, a excepción de los caminos de arrastre no se registró disminución de la biodiversidad por la corta de madera. En algunos casos el número de especies y los índices de biodiversidad hasta sobrepasaron ligeramente los valores de los bosques no intervenidos.

2.3.4 Cambios en la composición florística

Sin embargo se descubrieron cambios muy evidentes a nivel de especie entre las parcelas aprovechadas y parcelas en el bosque no intervenido.

Índice de similitud según Soerensen

Esta diferencia se refleja muy bien en el índice de Soerensen (ver fórmula en Anexo 2.3.4), que define la similitud florística con base en los números de especies comunes y diferentes en dos muestras. Aunque la vegetación se desarrolló rápidamente y el número de especies fue muy alto, en los primeros años post-cosecha **solo 30 %** de las especies pueden ser consideradas **típicas para bosques primarios** (ver Tab. 7). Este porcentaje aumenta en la edad de 14 años a 70 %, pero en la mayoría de los casos estas especies están representadas por plántulas, o sea, que aún no están establecidas con seguridad.

Tab. 7: Porcentaje (%) de especies típicas para el bosque primario en áreas intervenidas (claros de corta y caminos) después de diferentes tiempos según el índice de Soerensen.

Comparación de la composición florística de áreas intervenidas con el bosque sin intervención	
Tiempo post-aprovechamiento (años)	Porcentaje de especies de bosques primarios (%)
1	27
2.5	29
7	56
14	72

Composición florística

Considerando los resultados a nivel de especies, y agrupándolas según los grupos ecológicos, es evidente que las especies **esciófitas** y **tolerantes** a la sombra **disminuyeron**, mientras que las especies **heliófitas** **aumentaron** su número y las especies **pioneras** arbóreas y herbáceas, que antes del aprovechamiento no estaban presentes o solo en números muy reducidos, constituyeron **el porcentaje mas alto** de los individuos después de un aprovechamiento forestal (ver Fig. 9). El cambio se reflejó también en el nuevo dosel, que 14 años después de la corta estaba formado principalmente por especies pioneras y especies heliófitas

Se identificó claramente un **cambio en la composición florística** como consecuencia de la corta selectiva en los 14 años después del aprovechamiento. O sea: La valorización positiva de los efectos del aprovechamiento fue relativizado cuando se incluyeron **criterios cualitativos**.

La evaluación de la **sustentabilidad ecológica** de un sistema de manejo de bosques debería por ello estar basada necesariamente en la cercanía al estado natural, o sea, incluir el porcentaje de **especies típicas para bosques primarios** como medida principal. PIELOU (1995) y HAWTHORNE (1995) abogan por el mismo criterio en la evaluación.

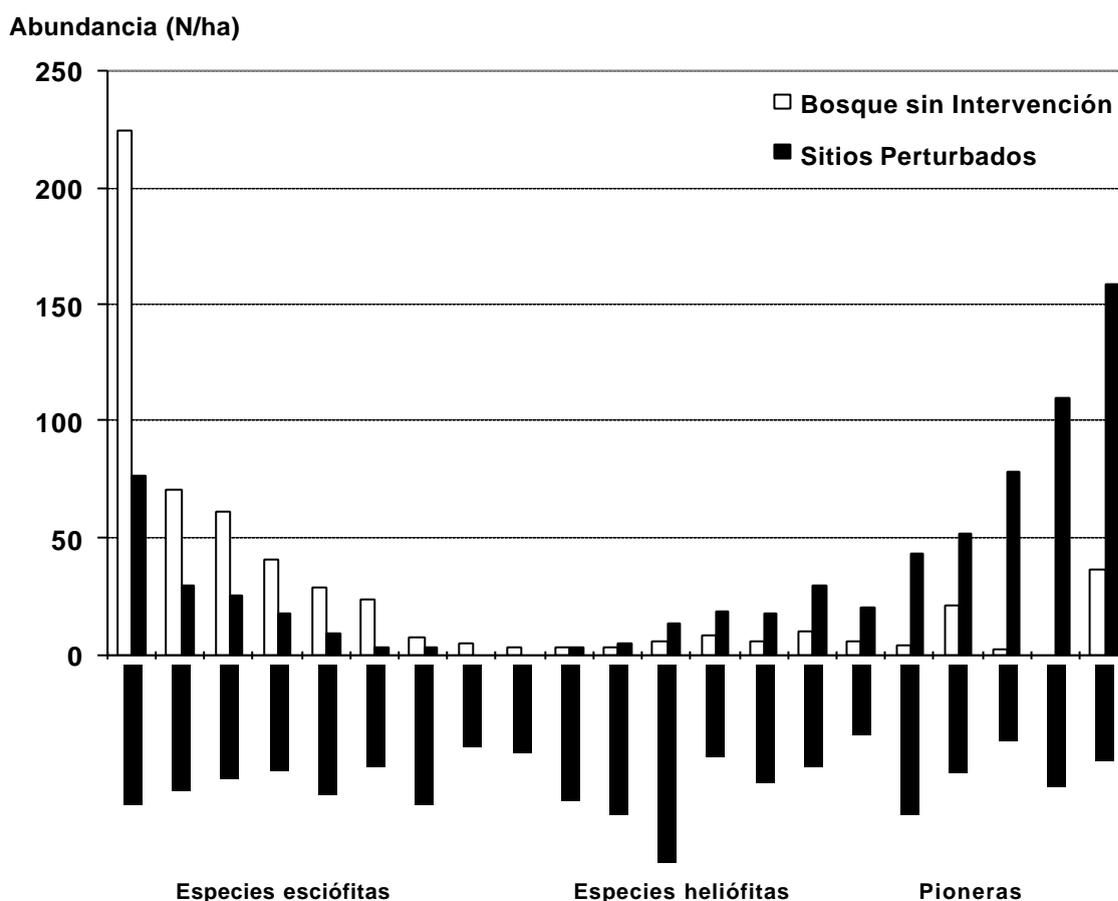


Fig. 9: Comparación del número de individuos en el bosque sin intervención (claro) con sitios perturbados (negro). Especies ordenadas según demanda de luz. El gráfico está basado en los datos del Sitio Horquetas, 7 años después del aprovechamiento forestal.

Al contrario de las especies esciófitas, típicas para el bosque primario, la mayoría de las especies **pioneras** o **heliófitas de rápido crecimiento** inician de manera muy temprana la producción de sus semillas. En claros de corta, se

encontraron individuos jóvenes de estas especies fructificando solo 7 años después del aprovechamiento. Muchas de estas especies producen **varias veces al año grandes cantidades de semillas pequeñas**, que son dispersadas a **distancias largas** por el viento, aves o murciélagos poco especializados. Por ello, estas especies tienen una gran **ventaja para su establecimiento** en el caso de una intervención repetida. Eso significa para el manejo futuro que hay que contar con un cambio permanente de la composición florística de los bosques.

2.3.5 Criterios silviculturales importantes

Abundancia de especies maderables

El rápido desarrollo de la vegetación en las áreas perturbadas por el aprovechamiento fue inicialmente dominado por especies herbáceas y arbustivas. Como demuestra la Tab. 8, posteriormente también las especies actualmente maderables y especies potenciales se regeneraron de manera satisfactoria.

Sobre todo las especies potencialmente maderables habían alcanzado un DAP > 10 cm solo 14 años después del aprovechamiento. En total, después de 14 años se alcanzó casi el número de árboles maderables de los bosques no intervenidos.

Tab. 8. Abundancia (N/ha) de especies maderables y potenciales en áreas perturbadas (según clase diamétrica y tiempo post-aprovechamiento) y en bosques no intervenidos.

Abundancia de especies maderables Clases diamétricas	Parcelas intervenidas Tiempo después de corta (años)				Bosque sin intervención Promedio
	1	2,5	7	14	
DAP < 2,5 cm					
Especies actuales	1.300	7.000	4.000	1.200	3.000
Especies potenciales	1.000	3.000	2.000	500	1.000
DAP 2,5-9,9 cm					
Especies actuales	0	150	215	120	125
Especies potenciales	0	300	250	300	225
DAP > 10 cm					
Especies actuales	0	0	52	63	150
Especies potenciales	0	0	70	200	150

Aunque el área basal total del bosque 14 años después del aprovechamiento (23,8 m²/ha, ver WAGNER, 1999) había alcanzado el 80 % del área basal del bosque no intervenido (> 29 m²/ha), el área basal de especies maderables todavía no había llegado al 50 % del área basal inicial (ver Tab. 9). Sobre todo las especies actualmente maderables todavía estaban claramente subrepresentadas en la clase diamétrica > 10 cm DAP.

Tab. 9: Área basal (m²/ha) o cobertura (%) de especies maderables y potenciales en áreas perturbadas y bosque no intervenido, según clase diamétrica y tiempo post-aprovechamiento.

Área basal o cobertura de las Especies maderables		Parcelas intervenidas				Bosque sin intervención Promedio
		Tiempo post-aprovechamiento (años)				
		1	2,5	7	14	
DAP < 2,5 cm						
Especies actuales	D (%)	<1	4	2	<1	1
Especies potenciales	D (%)	1	3	2	<1	1
DAP 2,5-9,9 cm						
Especies actuales	G (m ² /ha)	0	0,4	0,6	0,8	0,5
Especies potenciales	G (m ² /ha)	0	0,4	0,6	0,8	0,5
DAP > 10 cm						
Especies actuales	G (m ² /ha)	0	0	3,5	3,9	18,9
Especies potenciales	G (m ² /ha)	0	0	2,8	9,8	9,8

Distribución de árboles maderables

Desde el punto de vista silvicultural, es de igual importancia el número de árboles maderables como su distribución. Una manera de medir la distribución es la determinación de **parcelas ocupadas**, o sea cuántas de las parcelas potencialmente ocupadas por un árbol maduro (10 x 10 m) están actualmente ocupadas por un **árbol futuro**, preferiblemente con un DAP > 10 cm.

A primera vista los resultados de la investigación son bastante satisfactorios. Considerando las especies actualmente maderables y las potencialmente maderables, la ocupación de parcelas en los **claros** fue cercana a la del bosque sin intervención (ver Fig. 10). Sin embargo, solo 16 % de las parcelas en claros estaban ocupadas por un árbol de una especie actualmente maderable, mientras en 51 % de las parcelas estaban presentes solo especies de valor comercial potencial con un DAP > 10 cm (ver WAGNER, 1999).

Estas especies generalmente se caracterizan por tener maderas claras y mas suaves, y por ello hasta ahora obtienen **precios** mucho **mas bajos** en el mercado.

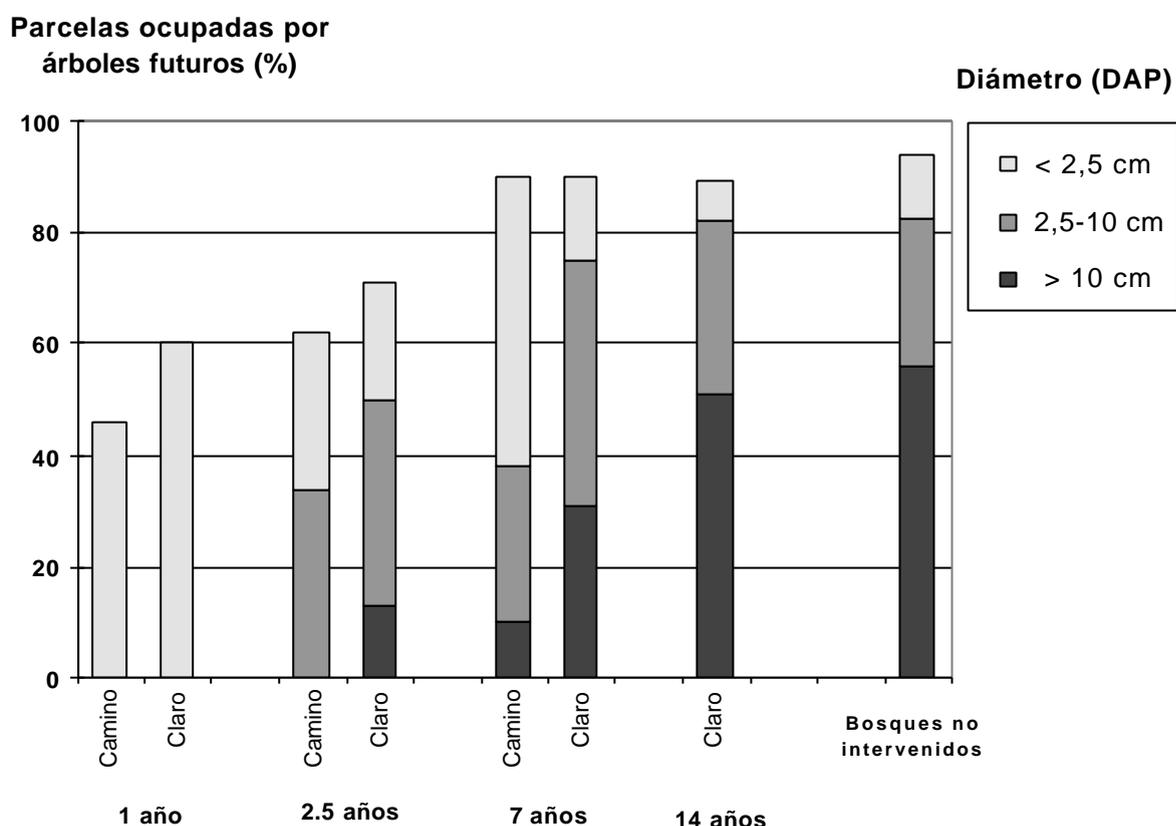


Fig. 10: Ocupación de parcelas con especies actualmente maderables o potenciales.

En comparación con los claros, los anteriores **caminos de arrastre** mostraron una **tardía regeneración** de especies maderables. Como muestra la Fig. 10, el establecimiento de especies comerciales actuales y potenciales fue mas lento sobre el camino, y se limitó sobre todo a los cordones no compactados de los caminos (observación propia). Desde el punto de vista silvicultural, la situación en los caminos permanece poco satisfactoria, ya que

casi no existe establecimiento de árboles del dosel, y la vegetación está todavía dominada por arbustos (Rubiaceae y Melastomataceae, helechos arborescentes y herbáceos grandes (Heliconiaceae), como confirman también los resultados de GUARIGUATA & DUPUY (1997) para los caminos antiguos del sitio La Selva. Según un análisis de factores, esto sobre todo está causado por la compactación del suelo.

3 Importancia práctica

Frente a las grandes pérdidas de áreas de bosque, el desarrollo y la implementación de prácticas sostenibles en el manejo de los bosques tropicales húmedos es un reto muy importante en la cooperación internacional para el desarrollo. Los sistemas de corta selectiva se consideran como una alternativa importante frente a la protección total en el contexto del manejo de zonas de amortiguamiento y la conservación de la biodiversidad (conservación "in-situ" de recursos genéticos), ya que aquella siempre está restringida a áreas muy pequeñas.

Desde hace varios años en Costa Rica trabajan instituciones nacionales (como ITCR, UNA) y proyectos internacionales (como COSEFORMA, CODEFORSA; COSUDE; OLAFO; RENARM) con diferentes metas sobre el tema "manejo sostenible de bosques tropicales".

De las publicaciones de estas instituciones se puede concluir, que la investigación hasta ahora estaba concentrado en los aspectos técnicos y económicos del aprovechamiento (p.e. CARRERA, 1993; MAGINNIS et al., 1998; QUIROZ & GOMEZ, 1998) y estudios de crecimiento (p.e. CAMACHO & FINEGAN, 1997; SOLANO et al., 1998). En el caso de conocimientos básicos muy importantes como la composición florística de los bosques (DAP < 10 cm), la caracterización ecológica de las especies maderables (p.e. SPITTLER, 1997) y la regeneración de bosques aprovechados (p.e. DELGADO et al., 1997) aún hay mucho que investigar. Por ello, con cierta justificación el trabajo presentado aquí puede ser clasificado como "estudio de base". Por otro lado contribuye con mucha información de importancia práctica sobre los efectos

de la corta selectiva y sobre la regeneración de bosques aprovechados, que difícilmente pueden ser presentados por un inventario forestal.

El tipo de bosque investigado fue escogido bajo el prerequisite de representar a un porcentaje significativo de los bosques manejables de Costa Rica.

Adicionalmente, la investigación proporciona recomendaciones concretas para disminuir el impacto de la corta de madera en bosques naturales, y propone un concepto silvicultural alternativo (detalles ver WAGNER, 1999).

En el siguiente párrafo los resultados de la investigación con importancia práctica serán otra vez destacados.

3.1 Importancia de inventarios de la vegetación de bosques naturales

La composición florística y la estructura de los bosques naturales son documentados de una manera muy incompleta por inventarios forestales. Aún se conoce poco sobre la ecología (dispersión de semillas, regeneración, requerimientos de luz) de las actuales especies comerciales de Costa Rica. Ya que en Costa Rica los bosques están bajo una fuerte presión a causa de la escasez de madera, el análisis de la vegetación en bosques no intervenidos tiene una alta importancia.

- Como consecuencia de la riqueza en especies y la estructura de mosaico es necesario evaluar todos los estratos, para caracterizar los bosques de manera adecuada. Si el inventario solo incluye el estrato arborescente (DAP > 10 cm), permite solamente conclusiones muy incompletas.

- Inventarios de los estratos bajos del bosque son además muy necesarios para obtener información sobre la ecología de las especies arbóreas. En los bosques ricos en especies, grupos ecológicos definidos por sus exigencias en luz y su crecimiento diamétrico representan la base para el manejo forestal. En esta investigación la agrupación de las especies maderables se elaboró sobre una sólida base de datos, y después valorizados estadísticamente (ver Capítulo 2.1.3).
- Los efectos del aprovechamiento solamente pueden ser evaluados de manera efectiva en comparación con el estado inicial- el bosque no intervenido.
- La identificación de especies indicadoras (o sea especies que indican una fuerte perturbación), muy relevantes para la práctica, solo es posible en base a una comparación detallada de bosques aprovechados y bosques no intervenidos.

3.2 Metodología del levantamiento

La riqueza florística y compleja estructura de muchos bosques lluviosos requieren metodologías muy elaboradas para inventarios, además de elevados insumos en tiempo para el levantamiento de los datos de base. Sin embargo con un diseño experimental adecuado es posible cubrir esa información con razonables requerimientos de tiempo y trabajo. Las experiencias de esta investigación y la valorización estadística de los resultados se pueden resumir de la siguiente manera:

- Levantamientos estratificados de la vegetación con un tamaño de parcela adecuado permiten una efectiva caracterización de la composición florística, independiente del estadio sucesional de la vegetación. Los tamaños de parcela empleados en este trabajo (ver anexo) están ampliamente probados para estudios en los trópicos. En muchos casos es recomendable un acuerdo a nivel regional sobre un tamaño estándar de parcelas, para aprovechar la comparabilidad directa entre los resultados de diferentes estudios.
- Generalmente no es posible el muestreo de todas las especies en bosques lluviosos. Sin embargo se debería muestrear una parte representativa de las especies presentes en el bosque en un área suficientemente grande, para poder hacer conclusiones sobre su importancia relativa. La elaboración de curvas área-especies apoya la fijación de un área de muestreo necesaria para resultados representativos.
- La selección de áreas de muestreo considerando condiciones topográficas y edáficas facilita el levantamiento de un espectro florístico representativo con bajos requerimientos de área (comparar WAGNER, 1999).
- Después de un aprovechamiento el levantamiento de tipos de sitios definidos (claro de corta/camino/bosque sin intervención) disminuye el área de muestreo necesaria y facilita elaborar conclusiones sobre el desarrollo de cada uno de los tipos de sitio involucrados.

3.3 Bioindicadores

Los diferentes requerimientos de sitio y luz, al igual que las estrategias reproductivas de las especies de plantas facilitan la identificación de especies indicadoras o grupos de especies, que indican condiciones ambientales específicas con su ausencia o presencia (dominancia). La identificación de especies indicadoras se efectúa mediante una correlación estadísticamente validada de la presencia/ausencia con los factores ambientales respectivos. Sin embargo su validez puede estar restringida a nivel regional.

La ventaja de los bioindicadores es que integran una variedad de factores ambientales durante largos periodos y por ello pueden reemplazar a los muy laboriosos estudios a largo plazo, o facilitar conclusiones sobre eventos del pasado (p.e. perturbaciones antiguas). Por ello tienen una gran importancia para el trabajo práctico.

En el contexto del manejo sustentable del bosque natural, sobre todo la indicación de la perturbación del equilibrio del bosque es de gran interés.

- La comparación entre el porcentaje de especies pioneras y heliófitas en relación a las especies tolerantes a la sombra es un buen indicador de la intensidad de las perturbaciones.
- En el área de investigación fue posible identificar las siguientes especies como **especies indicadoras de perturbaciones fuertes** (ver Tab. 10):

Tab. 10: Especies indicadoras de perturbaciones fuertes.

Especies arborescentes	Especies arbustivas y herbáceas
<i>Cecropia insignis</i> , <i>C. officinalis</i>	<i>Leandra dichotoma</i> , <i>L. granatensis</i> , <i>L. grandifolia</i>
<i>Croton</i> spp.	<i>Psychotria elata</i> , <i>P. luxurians</i> , <i>P. officinalis</i> , <i>P. pubescens</i>
<i>Heliocarpus appendiculatus</i>	<i>Heliconia pogonantha</i>
<i>Goethalsia meiantha</i>	<i>Cyathea microdonta</i>

DELGADO et al. (1997) habían identificado en parte las mismas especies como "especies indicadoras de la perturbación".

- Un alto porcentaje de **especies indicadoras de perturbaciones** indica una fuerte alteración de las condiciones del sitio y, según los resultados de la investigación, equivalen a **condiciones desfavorables** para un **manejo sustentable** de los bosques
- En los bosques de la presente investigación, los cambios florísticos se notaron ya a nivel de las **familias de plantas**. Muchas de las especies indicadoras de perturbaciones se caracterizan por una **coloración conspicua** de sus hojas y dominan en los bosques secundarios o áreas perturbadas cercanas a los asentamientos humanos, por lo cual son fácilmente reconocidas por la población rural. En consecuencia, una **cuantificación de las zonas fuertemente perturbadas** es practicable a nivel de los nombres locales y puede ser llevada a cabo por los **mismos propietarios** de los bosques después de una capacitación.

3.4 Necesidad de futuras investigaciones

Aunque precisamente en los últimos años ha aparecido un gran número de publicaciones sobre el manejo sustentable de los bosques naturales, todavía existe gran necesidad de investigaciones, sobre todo de estudios de base.

- Principalmente por razones socioeconómicas, en América Latina todavía no existen resultados satisfactorios de investigaciones que traten **sobre el desarrollo a largo plazo de bosques manejados**.
- Investigaciones a mediano o largo plazo sobre la **reacción** de los bosques a **tratamientos silviculturales** (p.e. liberación de los árboles de futura cosecha, cuidado de latizales) son casi inexistentes, pero son informaciones básicas, muy necesarias para
- El **desarrollo de un concepto silvicultural** para el manejo sostenible de los bosques ricos en especies de los trópicos húmedos de América Latina.
- La muy reclamada consideración de alternativas (p.e. uso de productos no-maderables, ecoturismo) al manejo maderero de los bosques, muchas veces requiere un manejo muy diferenciado, para el cual todavía no existen muchos de los conocimientos fundamentales, entre ellos sobre todo el efecto de la corta sobre las opciones adicionales de manejo.

4 Recomendaciones para Proyectos

Con base en la investigación presentada al inicio, se pueden formular recomendaciones para acciones concretas de proyectos con diferente énfasis en trabajos de desarrollo.

4.1 Énfasis en el Manejo Sustentable de Bosques Naturales

Dentro del contexto de la necesidad de un manejo sustentable de los bosques naturales, existe una serie de publicaciones cubriendo los aspectos técnicos de un aprovechamiento cuidadoso (ver literatura Cap. 3). Sin embargo, en la práctica la mayoría de los aprovechamientos queda muy por debajo del estándar "técnicamente alcanzable" (comparar RODRIGUEZ & CALDERON, 1996), lo cuál afecta fuertemente el punto de partida para un manejo sostenible. Por ello, hay que considerar los siguientes aspectos:

- **Aprovechamiento cuidadoso:** Planificación y construcción de caminos y corta deben efectuarse de manera muy cuidadosa. Se recomienda la construcción de una **red permanente de caminos principales**, al igual que **marcar** la regeneración establecida de especies maderables con un color diferente al de los árboles a cosechar, a fin de evitar su daño en la corta.
- **Capacitación del personal:** Aún falta mejorar los conocimientos del personal en técnicas de tala dirigida y arrastre cuidadoso, al igual que en la construcción de caminos y puentes y medidas contra la erosión.

- Para lograr la **implementación** de estas técnicas de manejo cuidadoso, se necesita urgentemente un **control efectivo** durante el aprovechamiento.
- Una capacitación del personal en **reconocimiento y ecología** de las especies (sobre todo especies maderables e importantes para la fauna) es muy necesaria, ya que los actuales inventarios forestales (llevados a cabo a nivel de nombres locales) se caracterizan por contener demasiados errores.
- Ya que el **aumento del crecimiento diamétrico** en los primeros años post- aprovechamiento se caracterizó como de efecto local (zonas aledañas a claros y caminos) y temporal (ver JONKERS, 1987), se puede tratar de concentrar el crecimiento en los árboles maderables **mediante tratamientos silviculturales** (p.e. liberación de árboles de futura cosecha), siempre y cuando estos tratamientos no causen aperturas grandes en el dosel.
- Ya que hasta ahora casi no existen conocimientos sobre **intensidad y frecuencia recomendable** de tratamientos silviculturales, la **instalación y el mantenimiento a largo plazo de parcelas de muestreo** son de gran importancia, aunque este cause altos costos.
- Una coordinación en la instalación y en el mantenimiento de las parcelas permanentes (tipo de bosque, tamaño, criterios) a nivel nacional o regional, formando una "red de áreas de investigación", evita una duplicación de los esfuerzos y facilita una mejor eficiencia en la investigación por la comparabilidad directa de los resultados.

4.2 Manejo de Bosques para mantener su Biodiversidad

Un criterio importante para la evaluación de la sustentabilidad ecológica del manejo de bosques es el mantenimiento de la biodiversidad (DICKINSON et al., 1996). La autora del presente estudio opina que, sobre todo en las zonas de amortiguamiento de parques nacionales, el mantenimiento de una composición florística equivalente a la de bosques no perturbados es importante. Con base en los resultados de esta investigación, presentados en el Capítulo 2.3, se necesitan cambios significativos en el manejo para alcanzar esa meta:

- **Prolongación de los ciclos de corta:** Según los resultados de esta investigación, las especies esciófitas se habían regenerado en sitios perturbados en cantidades satisfactorias solamente a partir de 10 años después de la corta.
- Sin embargo, el porcentaje de especies pioneras y heliófitas todavía era muy elevado (ver WAGNER, 1999). Para asegurar el establecimiento de las especies esciófitas, una prolongación del tiempo hasta la próxima cosecha es de gran importancia (comparar Cap. 2.3.4).
- **Tratamientos silviculturales bien encauzados** (como liberación de árboles jóvenes **sin** causar grandes aperturas en el dosel) pueden apoyar al establecimiento de especies esciófitas. Un aprovechamiento de especies heliófitas de rápido crecimiento en un subciclo mas corto podría al mismo tiempo contribuir al financiamiento del cuidado de latizales (WAGNER, 1999).
- **Monitoreo intensivo:** El desarrollo de la vegetación en los sitios perturbados por la intervención resultó muy dinámico y heterogéneo.

Como aún no existen conceptos silviculturales satisfactorios, **tratamientos experimentales** y un **monitoreo intensivo** son necesarios para fijar fecha e intensidad de tratamientos. Se recomienda también una **coordinación** de las investigaciones y proyectos a nivel **regional** o **nacional**.

- **Integración de usos alternativos del bosque:** Productos no-maderables del bosque y ecoturismo son de gran interés como **fuentes alternativas de ingreso**, sobre todo para las fincas campesinas. Deberían integrarse más en el concepto general del manejo de bosques, entre otros como incentivo o posibilidad para prolongar el ciclo de corta de madera.

4.3 Criterios para la Certificación del Manejo Maderero

Cada vez mas, no solo empresas grandes de exportación (p.e. Ston Forestal, Portico), sino también cooperativas y organizaciones no gubernamentales de Costa Rica (p.e. FUNDECOR) aspiran la certificación de su manejo del bosque para asegurar su participación en el mercado, pero también para comprobar que cumplen con estándares internacionales. Por ello, el catálogo de criterios actualmente aplicado debería ajustarse más a las condiciones de los trópicos.

- Después del aprovechamiento, se debe realizar un **inventario objetivo** (o sea según criterios bien definidos) de la **proporción de áreas perturbadas**.

- Los certificadores deben tener acceso **sin aviso previo** a **todas** las áreas manejadas por la empresa, y hacer valer este derecho.
- **Inventarios de la regeneración** deben fijarse como un criterio fundamental para comprobar la **sustentabilidad ecológica** del manejo.
- En este aspecto, la **capacidad de regeneración específica** de las especies comerciales después de un aprovechamiento maderero, debe formar un criterio importante para fijar el volumen a extraer o bien la intensidad de corta, especificada por especies o grupos de especies.
- **Características cualitativas** como la escasez de una especie o la cantidad de especies típicas para bosques primarios deberían tener la prioridad sobre características netamente cuantitativas (p.e. número de especies, número de individuos), como proponen también HAWTHORNE (1995) y PIELOU (1995).

5 Bibliografía

- AGUILAR, X. (1997): FUNDECOR organización con visión de futuro. *Revista Forestal Centroamericana* 19(6): 37-40.
- CARRERA, F. L. (1993): Rendimientos y Costos de las Operaciones Iniciales de Manejo en un Bosque Primario de la Zona Atlántica de Costa Rica. Tesis Mag. Sc., CATIE, Turrialba, Costa Rica. 91 p.
- CAMACHO, M.; FINEGAN, B. (1997): Efectos del aprovechamiento forestal y el tratamiento silvicultural en un bosque húmedo del nordeste de Costa Rica. Serie Técnica, Informe técnico No. 295. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 54 p.
- CHACÓN, I. M.; GARCÍA, J. E.; GUIER, E. (1993): Introducción a la Problemática Ambiental Costarricense: Principios Básicos y Posibles Soluciones. Antología. San José, C.R. UNED-PEA/EUNED. 236 p.
- DELGADO, D. (1995): Efectos de la riqueza, composición y diversidad florística producidos por el manejo silvícola de un bosque húmedo tropical de tierras bajas de Costa Rica. Tesis Mag. Sc., CATIE, Costa Rica. 97 p.
- DELGADO, D.; FINEGAN, B.; MEIR, P.; ZAMORA, N. (1997): Efectos del aprovechamiento forestal y el tratamiento silvicultural en un bosque húmedo del noreste de Costa Rica. Cambios en la riqueza y composición de la vegetación. Serie Técnica, Informe técnico No. 298. CATIE, Costa Rica. 43 p.
- DGF (DIRECCIÓN GENERAL FORESTAL) (1988): Desarrollo socioeconómico y el ambiente natural de Costa Rica. Situación actual y perspectivas. Fundación Neotrópica. San José, Costa Rica, Heliconia. 62 p.

- DICKINSON, M.B.; DICKINSON, J.C.; PUTZ, F.E. (1996): Natural Forest Management as a conservation tool in the tropics: divergent views on possibilities and alternatives. *Commonwealth Forestry Review* 75(4): 309-315.
- FLORES, J. (1985): Diagnóstico del sector forestal industrial y alternativas de solución. MAG/DGF-UNED. Fundación de Parques Nacionales. San José, Costa Rica.
- GREIG-SMITH, P. (1983): *Quantitative Plant Ecology*. University of California Press. Series: Studies in Ecology 35: 193-194.
- GUARIGUATA, M. R.; DUPUY, J. M. (1997): Forest regeneration on abandoned logging Roads in lowland Costa Rica. *Biotropica* 29(1): 15-28.
- GULLISON, R. E.; HARDNER, J. J. (1993): The effects of road design and harvest intensity on forest damage caused by selective logging. *For. Ecol. Man.* 59: 1-14.
- HARCOURT, C.; SAYER, J. (Eds.) (1996): *The Conservation Atlas of Tropical Forests. The Americas*. IUCN/CIFOR/WCMI/BP. Simon & Schuster.
- HAWTHORNE, W. D. (1996): Holes and the sums of parts in Ghanaian forest: Regeneration, scale and sustainable use. In: SWAINE, M. D.; ALEXANDER, I. J.; WATLING, R. (Eds.): *Studies in Guinean-Congo Rain Forest*. Proceedings of the Royal Society of Edinburgh.
- JIMENEZ, Q.; POVEDA, L. (1996): Lista actualizada de los principales arboles maderables nativos de Costa Rica. In: SANCHEZ-VINDAS, P. (Ed.): *Aportes al desarrollo sostenible No. 2*: 36 p. Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar. Universidad Nacional.

- JONKERS; W. B. J. (1987): Vegetation Structure, Logging Damage and Silviculture in a Tropical Rain Forest in Suriname: 172 p. Agricultural University of Wageningen, The Netherlands.
- JOHNSON, N.; CABARLE, B. (1993): Surviving the Cut. In: WORLD RESSOURCES INSTITUTE (Ed.): Surviving the Cut: Natural Forest Management in the Humid Tropics: 71 p.
- MAGINNIS, S.; MENDEZ GAMBOA, J.; DAVIES; J. (1998): Manual para el Manejo de bloques pequeños de bosque húmedo tropical. PMIBN, CODEFORSA. Costa Rica. 208 p.
- PEDRONI, L. (1992): Diagnóstico Forestal de Costa Rica y Propuestas de Trabajo. Informe de Intercooperación (IC)-UICN/ORCA para la Cooperación Suiza para el Desarrollo (COSUDE). San José, Costa Rica. 193 p.
- PIELOU, E.C. (1995): Biodiversity versus old-style Diversity. Measuring Biodiversity for Conservation. In: BOYLE, T.J.B.; MOONTAWEE, B.(eds): Measuring and Monitoring Biodiversity in Tropical and Temperate Forests. CIFOR, Jakarta, Indonesia
- QUIROS, D.; FINEGAN, B. (1994): Manejo sustentable de un bosque natural tropical en Costa Rica. Colección Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales 9: PBN/COSUDE/CATIE. Turrialba, Costa Rica. 25 p.
- QUIROS, D.; GOMEZ, M. (1998): Manejo sustentable de un bosque primario intervenido en la zona Atlántica Norte de Costa Rica: Análisis financiero. Serie Técnica, informe técnico Nr. 303. CATIE. Costa Rica. 22 p.

- QUESADA, R. F. (1997): Struktur und Dynamik eines tropischen Feuchtwaldes nach Holznutzung in Costa Rica. Dissertation; Forstliche Fakultät der Universität Goettingen: Cuvillier Verlag, Goettingen. 137 p.
- RODRIGUEZ, Y.; CALDERÓN, F. (1996): Evaluación de Planes de Manejo Forestal en tres áreas piloto del Proyecto REFORMA: Baja Talamanca, La Curena y Península de Osa. Informe de Practica de especialidad. 58 p.
- SHANNON, C. E.; WIENER, H. (1976): Mathematische Grundlagen der Informationstheorie. R. Oldenbourg-Verlag. München, Wien.
- SOLANO SANCHEZ, G.; MENDEZ GAMBOA, J.; (1998): Análisis del crecimiento para el bosque natural y especies comerciales en la región de la Curena, Pital, San Carlos. PMIBN, CODEFORSA. Costa Rica. 29 p.
- SPITTLER, P. (Ed.) (1997): Beschreibung von sieben autochtonen Baumarten des tropischen Regenwaldes im Süden Costa Ricas. Berichte aus der Tropenwaldforschung, Vol. 3. TÖB, GTZ. Eschborn. 76 p.
- WAGNER, U. (1999): Auswirkungen selektiver Holznutzung auf Artenzusammensetzung und Struktur von Regenwäldern am Rande der Zentralkordillere Costa Ricas. Dissertationes Botanicae, Band 302. J. Cramer-Verlag, Berlin, Stuttgart. 206 P.
- ZOGLMEIER, B. (1996): Beschreibung und Klassifikation der Böden eines tropischen Regenwaldes (Los Laureles de Corinto) in Costa Rica und ihre Darstellung in einer Bodenkarte. Diplomarbeit im Fach Geographie, Universität München. 98 p.

Anexos

Anexo 1.4 Metodología: Clases Diamétricas y Tamaños de Parcelas

Tab. 11: Clases diamétricas, Tamaños de Parcelas y Proporción del área muestreada de las parcelas permanentes, y total del área muestreada por clase diamétrica.

Clases diamétricas (cm)	Tamaño de Parcelas (m)	Áreas de muestreo Número	Proporción del área de parcelas (%)	Total área muestreada (ha)
≥ 10	10 x 10	25	100	2,0
2,5-10	5 x 5	25	25	0,5
< 2,5; Altura > 30 cm	2 x 2	25	4	0,08

Anexo 2.1.1 Diagrama Estructural del Estrato DAP > 10 cm (Abb. 2)

Tab. 12: Lista de especies del diagrama estructural (Fig. 2)

Árbol No.	Nombre científico
1	<i>Aspidosperma spruceanum</i>
2	<i>Pentaclethra macroloba</i>
3	<i>Matisia ochrocalyx</i>
4	<i>Iriartea deltoidea</i>
5	<i>Minuartia guianensis</i>
6	<i>Chrysophyllum columbianum</i>
7	<i>Iriartea deltoidea</i>
8	<i>Brosimum lactescens</i>
9	<i>Protium panamense</i>
10	Desconocido
11	<i>Pentaclethra macroloba</i>
12	<i>Socratea exorrhiza</i>
13	<i>Pentaclethra macroloba</i>
14	<i>Socratea exorrhiza</i>
15	<i>Guatteria aeruginosa</i>
16	<i>Protium panamensis</i>
17	<i>Sterculia recordiana</i>
18	<i>Protium panamensis</i>
19	<i>Socratea exorrhiza</i>
20	<i>Matisia ochrocalyx</i>
21	<i>Swartzia simplex</i>
22	<i>Ocotea tenera</i>
23	<i>Protium panamensis</i>
24	<i>Pentaclethra macroloba</i>
25	<i>Hymenolobium mesoamericanum</i>
26	<i>Miconia elata</i>
27	<i>Dendropanax arboreus</i>
28	<i>Faramea occidentalis</i>

Anexo 2.1.2 : Especies más importantes en las parcelas permanentes

Tab. 13: Especies más importantes de la clase diamétrica DAP > 10 cm: Abundancia (N/ha), Dominancia (m²/ha) y IVI (%).

a) DAP > 10 cm

Rango	Especie	Abundancia (N/ha)	Área basal (m ² /ha)	IVI (%)
1	<i>Pentaclethra macroloba</i>	98	11,8	23,3
2	<i>Minuartia guianensis</i>	15	1,4	3,6
3	<i>Anaxagorea crassipetala</i>	24	0,3	3,3
4	<i>Iriartea deltoidea</i>	19	0,4	3,0
5	<i>Socratea exorrhiza</i>	19	0,3	2,9
6	<i>Faramea occidentalis</i>	17	0,2	2,7
7	<i>Matisia ochrocalyx</i>	17	0,3	2,5
8	<i>Tapirira myriantha</i>	7	1,6	2,5
9	<i>Brosimum lactescens</i>	8	1,0	2,2
10	<i>Carapa guianensis</i>	7	1,0	1,9
11	<i>Dendropanax arboreus</i>	11	0,4	1,8
12	<i>Pithecellobium elegans</i>	2	1,5	1,8

Tab. 14: Especies más importantes de la clase diamétrica 2,5-10 cm DAP: Abundancia (N/ha), Dominancia (m²/ha) y IVI (%).

b) DAP 2,5-10 cm

Rango	Especie	Abundancia (N/ha)	Área basal (m ² /ha)	IVI (%)
1	<i>Anaxagorea crassipetala</i>	144	0,4	9,3
2	<i>Faramea occidentalis</i>	88	0,2	5,7
3	<i>Pholidostachys pulchra</i>	88	0,1	4,4
4	<i>Matisia ochrocalyx</i>	64	0,1	4,3
5	<i>Pentaclethra macroloba</i>	48	0,2	3,9
6	<i>Coussarea hondensis</i>	44	0,1	3,1
7	<i>Psychotria elata</i>	58	0,08	3,1
8	<i>Naucleopsis naga</i>	42	0,06	2,5
9	<i>Henriettea tuberculosa</i>	38	0,07	2,3
10	<i>Compsoeura sprucei</i>	38	0,05	2,3
11	<i>Geonoma congesta</i>	50	0,03	2,2
12	<i>Guarea glabra</i>	30	0,07	2,0
13	<i>Bactris porschiana</i>	42	0,04	1,6

Tab. 15: Especies más importantes de la clase diamétrica < 2,5 cm DAP, con altura > 30 cm. Abundancia (N/ha), Cobertura (m²/ha) y IVI (%).

c) DAP < 2,5 cm; Altura > 30 cm

Rango	Especie	Abundancia (N/ha)	Cobertura (m ² /ha)	IVI (%)
1	<i>Danaea elliptica</i>	1838	321	7,8
2	<i>Pentaclethra maculoba</i>	2275	39	6,4
3	<i>Asterogyne martiana</i>	875	341	6,3
4	<i>Asplundia uncinata</i>	1238	326	6,2
5	<i>Psychotria suerrensis</i>	1300	140	4,8
6	<i>Geonoma congesta</i>	550	197	3,7
7	<i>Saccoloma inaequale</i>	675	84	2,9
8	<i>Pholidostachys pulchra</i>	400	91	2,3
9	<i>Salpichlaena volubilis</i>	563	47	2,2
10	<i>Socratea exorrhiza</i>	388	62	2,0
11	<i>Iriartea deltoidea</i>	450	51	1,9
12	<i>Welfia georgii</i>	338	71	1,8
13	<i>Heliconia latispatha</i>	225	70	1,5
14	<i>Geonoma cuneata</i>	313	46	1,5

Anexo 2.1.3 Biodiversidad

Índice de Shannon-Wiener

El índice de biodiversidad (H') de SHANNON-WIENER (1976), se desarrolló con base en la teoría de informaciones. El Índice aumenta con el incremento del número de especies y con la distribución equitativa de los individuos a las especies. Se calcula según la fórmula siguiente:

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \cdot \log p_i$$

En la fórmula significa:

- s el número de especies
- p_i la abundancia relativa de la i -ésima especie
- $\log p_i$ el logaritmo de p_i

Un alto valor del índice H' equivale a una alta diversidad.

Anexo 2.2: Reglamento para el Manejo de Bosques de Costa Rica

Los requisitos para el manejo son:

- Título de propiedad
- Elaboración de un Plan de Manejo; Aprobación por la DGF.

Este **Plan de Manejo** forestal incluye:

- Inventario del 100 % de las especies comerciales encima del DMC;
- Inventario parcial de todos los árboles con DAP > 30 cm;
- Planificación de los caminos de extracción
- Localización exacta y marcación de los árboles a cosechar y los semilleros.

Se permite la corta de un 60 % del volumen comercial (DMC 60 cm) bajo la condición de dejar árboles semilleros y excluyendo las zonas de protección a lo largo de corrientes de agua permanentes y en pendientes (inclinación > 60 %). El propietario se compromete a no cosechar en el bosque durante 8 años después del aprovechamiento.

Anexo 2.3.4 Índice de Similitud de Soerensen

Una medida frecuentemente usada para comparar la similitud de la composición florística de diferentes sitios es el índice de Soerensen (GREIG-SMITH, 1983). Se calcula según la formula siguiente:

$$S = \left(\frac{2W}{a + b} \right) \times 100 (\%)$$

En la formula significa:

a = Número de especies en el sitio A;

b = Número de especies en el sitio B; y

W = Número de especies presentes en ambos sitios.

El valor del índice de Soerensen varía entre 0 % y 100 %; un valor de 0 % caracteriza la diferencia total, un valor de 100 % la similitud completa en la composición florística de los sitios a comparar.



*Deutsche Gesellschaft für
Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH*
Tropenökologisches Begleitprogramm (TÖB)
Tropical Ecology Support Program
Postfach 5180
D-65726 Eschborn
Federal Republic of Germany

Fax: +49-(0)6196-79-6190

E-Mail: TOEB@gtz.de

World Wide Web: <http://www.gtz.de/toeb>





Bundesministerium
für wirtschaftliche
Zusammenarbeit
und Entwicklung



Im Auftrag des Bundesministeriums für wirtschaftliche
Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ)