

**PROGRAMA DE EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO Y LA  
CONSERVACIÓN  
ESCUELA DE POSGRADO**

**Evaluación de la eficiencia económica y la integridad  
ecológica para dos tipos de bosques húmedos intervenidos bajo  
manejo forestal con diferentes intensidades de cosecha en la  
Región Norte y Atlántica de Costa Rica**

Tesis sometida a 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 para optar por el grado de:

*Magister Scientiae* en Socioeconomía Ambiental

Por

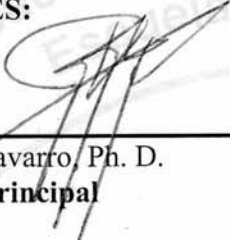
Víctor Hugo Meza Picado

Turrialba, Costa Rica, 2008

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:

***Magíster Scientae en Socioeconomía Ambiental***

**FIRMANTES:**

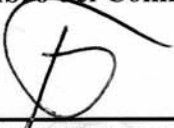


---

Guillermo Navarro, Ph. D.  
**Consejero Principal**

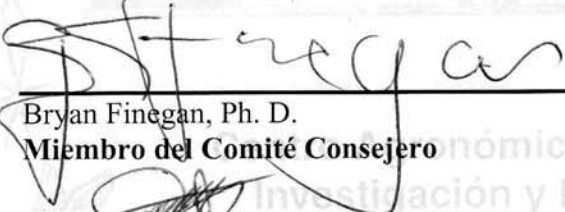
---

Franz Tattembach, Ph. D.  
**Miembro del Comité Consejero**




---

José Joaquín Campos, Ph. D.  
**Miembro del Comité Consejero**



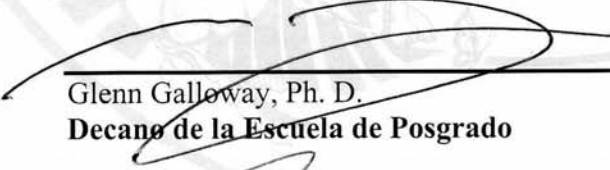
---

Bryan Finegan, Ph. D.  
**Miembro del Comité Consejero**




---

Fernando Casanoves, Ph. D.  
**Miembro del Comité Consejero**



---

Glenn Galloway, Ph. D.  
**Decano de la Escuela de Posgrado**



---

Víctor Hugo Meza Picado  
**Candidato**

## **Dedicatoria**

En especial para mi madre Elisa por su fuerza, honradez y su esmero ante el trabajo; por inculcarme el respeto a las personas y el pagar siempre lo que debo.

A mis hijos queridos.

Con cariño para mi hermano Oscar, para Maricela que con su apoyo me han dado la fuerza para salir adelante.

## **Agradecimientos**

Agradezco a todas las personas e instituciones que me apoyaron de alguna u otra manera para la elaboración y desarrollo de este trabajo de tesis.

A la Universidad Nacional de Costa Rica, por el apoyo recibido durante mis dos años en el CATIE en especial a Don Gilberto Solano; al INISEFOR y al CONICIT por su apoyo económico en la elaboración de este estudio. A CODEFORSA por suministrar parte de la información de las parcelas de La Legua y La Montura.

A los miembros de la Cátedra Latinoamericana de Manejo Diversificado Bosques Tropicales que al igual que CODEFORSA durante muchos años han podido soportar el monitoreo continuo de las parcelas en Corinto y La Tirimbina información que hoy en día es más y más valiosa, y de manera muy especial a Hugo Brenes (Toca) por su colaboración en el manejo de las bases de datos.

De manera especial a los miembros del comité quienes brindaron un apoyo desinteresado para la elaboración de este trabajo: Bryan, José Joaquín, Fernando, Franz y Guillermo por sus valiosas aportaciones. A Guillermo por haberme motivado a iniciar este viaje en un barco que en momentos navegó por mares calmos pero que en otros paso por tempestades; sin embargo, al final logramos llegar a buen puerto.

A todas aquellas personas que años atrás han participado en el trabajo de campo para la medición de las parcelas, que no conozco pero que sin ellos hoy en día no podríamos contar con esa información. A los propietarios de las fincas que amablemente me suministraron la información necesaria para comprender mejor la percepción que tienen sobre el manejo de bosques y que han logrado mantener sus bosques en pie a pesar de la fuerte presión que otros usos más rentables producen sobre sus tierras.

## ÍNDICE CONTENIDO

	Pág.
Dedicatoria.....	iii
Agradecimientos.....	iv
INDICE CONTENIDO.....	v
INDICE DE CUADROS.....	x
INDICE DE ANEXOS.....	xi
Resumen.....	xi
Summary.....	xiii
1. PRESENTACIÓN.....	1
1.3. Objetivos del estudio.....	5
1.3.1. Objetivo general.....	5
1.3.2. Objetivos específicos.....	5
1.4. Hipótesis del estudio.....	5
4. ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN.....	7
Artículo 1. Determinación de rendimientos comerciales en nuevas cosechas bajo un esquema de manejo policíclico de bosques naturales.....	7
1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	8
2.1. Sitio de estudio.....	8
2.2. El manejo forestal y silvicultural de los bosques.....	10
2.3. Clasificación de los bosques estudiados.....	13
2.3.1. Bosque gavilán-palmas.....	13
2.3.2. Bosque 2.....	13
2.3.3. Bosque caobilla-gavilán.....	13
2.4. Análisis de datos.....	14
2.5. Determinación de la producción forestal.....	14
2.6. Determinación de las intensidades de cosecha.....	15
2.7. Criterios de sostenibilidad.....	15
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	16
3.1. Capacidad de producción forestal.....	16
3.1.1. Determinación del ciclo de corta.....	17
3.1.1.1 Respuesta al manejo de la densidad del rodal según intensidades de cosecha.....	18
3.1.1.2. Producción forestal por sitio de estudio.....	20
3.2. Clasificación de los sitios estudiados por tipo de bosque.....	21
3.3. Bosques no disturbados.....	23
3.3.1 Dinámica del área basal limitante.....	23

3.3.2 Dinámica del área basal y del número de árboles comerciales a partir del DMC .....	24
3.4. Variables dasométricas que definen una nueva intervención.....	26
3.4.1. Determinación del ciclo de corta biológico .....	26
3.4.2. Recuperación del área basal.....	27
3.4.3 Recuperación del número de árboles .....	28
3.5. Criterio de selección para la determinación del ciclo de corta biológico .....	30
3.5.1 Determinación del ciclo de corta biológico de acuerdo al crecimiento a partir de umbrales mínimos .....	33
3.6. Sostenibilidad en futuras cosechas.....	37
4. CONCLUSIONES.....	40
5. BIBLIOGRAFIA .....	42
Artículo 2. Factores que afectan la sostenibilidad del manejo de bosques intervenidos como uso competitivo de la tierra.....	45
1. INTRODUCCIÓN.....	45
2. MATERIALES Y MÉTODOS .....	47
2.1. Área de estudio .....	47
2.2. Modelo de crecimiento en volumen.....	48
2.2.1. Modelo para la estimación de las alturas comerciales .....	48
2.2.2. Funciones de volumen .....	49
2.3. Selección de la muestra de las fincas en segundas cosechas de la zona.....	49
2.4. Caracterización de los sitios por tipo de bosque .....	50
2.5. Análisis de Inversiones .....	50
2.5.1. Identificación de los factores que influyen en la competitividad del manejo de bosques.....	50
2.5.4. Precio implícito de la madera en pie.....	52
2.5.5. Costos por concepto de trámites ante la Administración Forestal del Estado.....	52
2.6. Implicaciones en la integridad ecológica .....	53
2.7. Coeficiente de similitud de Jaccard .....	53
2.8. Grupos ecológicos.....	53
2.9. Composición florística comercial .....	54
2.10. Valoración del activo tierra con base en análisis técnico-financiero: el valor esperado de la tierra (VET).....	54
2.11. Análisis de sensibilidad.....	56
3. RESULTADOS Y DISCUSION .....	56
3.1. Producción forestal comercial para una nueva cosecha .....	56
3.1.1 Modelo para la predicción de alturas comerciales .....	56
3.2. Caracterización de los propietarios de bosques en segundas cosechas .....	58
3.3. Implicaciones de la caracterización biofísica sobre la rentabilidad del manejo de bosques .....	61
3.3.1. Disponibilidad del volumen comercial por intensidad de cosecha para cada grupo comercial .....	59
3.3.2 Evolución del volumen disponible por tipo de bosques: zona para la toma de decisiones.....	60

3.3.3. Implicaciones de la intensidad de cosecha sobre la integridad ecológica.....	62
3.4. Condiciones generales del caso base por tipo de bosque y determinación del ciclo de corta .....	70
3.5. Análisis de sensibilidad .....	76
3.5.1. Precio implícito de la madera en pie de acuerdo al grupo comercial.....	75
3.5.2. Determinación de la Tasa de descuento por tipo de inversionista.....	77
3.5.3. Calculo del $VB_m$ según el precio implícito de la madera.....	78
3.5.4. Calculo del $VB_m$ por tipo de bosque e intensidad de cosecha según tasa de descuento.....	81
3.5.5. Calculo del $VB_m$ por tipo de bosque e intensidad de cosecha según esquema del PSA.....	844
3.6. Identificación del factor con mayor peso sobre la rentabilidad del manejo de bosques.....	88
3.7. Relación de la integridad ecológica sobre la rentabilidad del manejo de bosques según intensidad de cosecha para un Ciclo de Corta Normativo.....	9167
4. CONCLUSIONES.....	97
5. BIBLIOGRAFÍA .....	99

## ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Mapa de ubicación de las Parcelas Permanentes de Muestro. Región Huetar Norte y Atlántica, Costa Rica.....	10
Figura 2. Tasas de incremento medio del área basal comercial $\geq$ a 10 cm de dap para el INP según intensidad de cosecha. Región Huetar Norte y Atlántica. Costa Rica. ....	19
Figura 3. Tasas de incremento medio del área basal comercial $\geq$ a 10 cm de dap para el INP según el sitio de estudio. Región Huetar Norte y Atlántica. Costa Rica.....	21
Figura 4. Dendrograma de agrupamiento para las diferentes unidades de manejo con datos de árboles y palmas $\geq$ 10 cm de dap. Región Huetar Norte y Atlántic,. Costa Rica.....	23
Figura 5. Dinámica del área basal (dap $\geq$ a 10 cm) durante el período de observación de acuerdo a su capacidad de carga “área basal limitante” para bosques no manejados. Región Atlántica, Costa Rica.....	24
Figura 6. Determinación del UM a partir de un dap $\geq$ a 10 cm para todas las especies por tipo de bosque. Región Huetar Norte, Costa Rica.....	33
Figura 7. Determinación del UM a partir de un dap $\geq$ al DMC (60 cm) para las especies comerciales por tipo de bosque. Región Huetar Norte, Costa Rica.....	33
Figura 8. Recuperación del área basal (m <sup>2</sup> /ha) con un dap $\geq$ al DMC (60 cm) por sitio a partir del umbral mínimo. Bosque caobilla-gavilán. Región Huetar Norte y Atlántica. Costa Rica.....	35
Figura 9. Recuperación del área basal (m <sup>2</sup> /ha) con un dap $\geq$ al DMC (60 cm) por sitio a partir del umbral mínimo. Bosque gavilán-palmas. Región Huetar Norte y Atlántica. Costa Rica.....	35
Figura 10. Recuperación del número de individuos (N/ha) con un dap $\geq$ al DMC por sitio a partir del umbral mínimo. Bosque caobilla-gavilán. Región Huetar Norte y Atlántica, Costa Rica.....	36
Figura 11. Recuperación del número de individuos (N/ha) con un dap $\geq$ al DMC por sitio a partir del umbral mínimo. Bosque gavilán-palmas. Región Huetar Norte y Atlántica, Costa Rica.....	36
Figura 12. Recuperación del área basal cosechada por el aprovechamiento para los árboles comerciales con un dap $\geq$ a 10 cm, en el Bosque caobilla-gavilán. Región Huetar Norte y Atlántica. Costa Rica.....	39
Figura 13. Recuperación del área basal cosechada por el aprovechamiento para los árboles comerciales con un dap $\geq$ a 10 cm, en el Bosque gavilán-palmas. Región Huetar Norte y Atlántica. Costa Rica.....	39
Figura 14. Ubicación de las Parcelas Permanentes de Muestreo y de las fincas inscritas para una segunda cosecha en el MINAE durante el período (2002-2008), por tipo de Bosque, según Ramos (2004). Región Huetar Norte y Atlántica, Costa Rica.....	48
Figura 15. Distribución de frecuencia para la muestra de los árboles censados en la Región Norte y Atlántica por CODEFORSA. Costa Rica.....	57
Figura 16. Alturas comerciales ajustadas para árboles comerciales, Región Huetar Norte y Atlántica. Costa Rica.....	58
Figura 17. Percepción de los encuestados con respecto a la rentabilidad del bosque durante el ciclo de corta. Región Huetar Norte y Atlántica, Costa Rica.....	59
Figura 18. Variación del volumen comercial total disponible de acuerdo a la intensidad de cosecha para el bosque gavilán-palmas. Región Huetar Norte y Atlántica, Costa Rica.....	62
Figura 19. Variación del volumen comercial total disponible de acuerdo a la intensidad de cosecha para el bosque caobilla-gavilán. Región Huetar Norte y Atlántica, Costa Rica.....	73
Figura 20. Evolución del porcentaje de Heliófitas Efímeras durante el período de observación según intensidad de cosecha para el bosque gavilán-palmas. Región Atlántica, Costa Rica.....	6580



Figura 21. Evolución del porcentaje de Heliófitas Efimeras durante el período de observación según intensidad de cosecha para el bosque caobilla-gavilán. Región Atlántica, Costa Rica.....	65
Figura 22. Variación del VB de acuerdo a la intensidad de cosecha para el bosque gavilán-palmas. Región Huetar Norte y Atlántica, Costa Rica. ....	84
Figura 23. Variación del VB de acuerdo a la intensidad de cosecha para el bosque caobilla-gavilán. Región Huetar Norte y Atlántica, Costa Rica. ....	84
Figura 24. Variación del VB de acuerdo a la distancia de mercado según intensidad de cosecha para el bosque gavilán-palmas. Región Norte y Atlántica, Costa Rica. ....	870
Figura 25. Variación del VB de acuerdo a la distancia de mercado según intensidad de cosecha para el bosque caobilla-gavilán. Región Norte y Atlántica, Costa Rica. ....	870
Figura 26. Variación del VB según TMA según intensidad de cosecha para el bosque gavilán-palmas. Región Norte y Atlántica, Costa Rica. ....	84
Figura 27. Variación del VB según TMA según intensidad de cosecha para el bosque caobilla-gavilán. Región Norte y Atlántica, Costa Rica. ....	84
Figura 28. Variación del VB según esquema de PSA por intensidad de cosecha para el bosque gavilán-palmas. Región Norte y Atlántica, Costa Rica. ....	86
Figura 29. Variación del VB según esquema de PSA por intensidad de cosecha para el bosque caobilla-gavilán. Región Norte y Atlántica, Costa Rica. ....	86
Figura 30. Relación entre la rentabilidad y el nivel de impacto contra la intensidad de cosecha para los bosques gavilán-palmas y caobilla-gavilán de acuerdo a un CCN. Región Huetar Norte y Atlánticas, Costa Rica. ....	95

## INDICE DE CUADROS

	Pag
Cuadro 1. Descripción de los sitios seleccionados en el estudio. Región Huetar Norte y Atlántica, Costa Rica .....	9
Cuadro 2. Codificación para las PPM utilizadas en el estudio. Región Huetar Norte y Atlántica, Costa Rica. ....	12
Cuadro 3. Capacidad de producción del INP de acuerdo al área basal reducida para un diámetro $\geq$ a 10 cm de dap, por intensidad de cosecha para cada PPM. Región Huetar Norte y Atlántica, Costa Rica. ....	20
Cuadro 4. Tiempo de recuperación (años) del área basal con un dap $\geq$ a 10 cm y con dap $\geq$ al DMC para un aprovechamiento forestal en cada sitio por hectárea. Región Norte y Atlántica, Costa Rica. ....	28
Cuadro 5. Tiempo de recuperación (años) del número de individuos con un dap $\geq$ a 10 cm y con dap $\geq$ al DMC para un aprovechamiento forestal en cada sitio por hectárea. Región Norte y Atlántica, Costa Rica. ....	29
Cuadro 6. Ciclo de corta biológico (CCB) de acuerdo al criterio de combinación de recuperación para un dap $\geq$ a 10 cm y un dap $\geq$ al DMC para un aprovechamiento forestal en cada sitio por hectárea. Región Norte y Atlántica, Costa Rica.....	32
Cuadro 7. Recuperación del área basal comercial ( $m^2/ha$ ) para un dap $\geq$ a 10 cm a partir de un aprovechamiento de bosque natural para dos tipos de bosques en cuatro diferentes sitios. Región Norte y Atlántica, Costa Rica. ....	38
Cuadro 8. Descripción de los sitios seleccionados en el estudio. Región Huetar Norte y Atlántica, Costa Rica. ....	47
Cuadro 9. Funciones para calcular el volumen comercial utilizadas por CODEFORSA en el programa TREMA. Región Huetar Norte y Atlántica, Costa Rica.....	49
Cuadro 10. Cambios de composición florística según el índice de similaridad Chao-Jaccard (2005) para el bosque gavilán-palmas y el bosque caobilla-gavilán. Región Huetar Norte y Atlántica, Costa Rica. Entre paréntesis el error estándar para cada año de comparación. ....	69
Cuadro 11. Calculo del VB para el caso base y determinación del ciclo de corta económico por tipo de bosque e intensidad de cosecha para una TMA de 3,44%. Región Huetar Norte y Atlántica, Costa Rica. ....	74
Cuadro 12. Determinación del precio implícito de la madera ( $\$/Pmt$ ) proveniente de la zona de estudio de acuerdo al lugar de venta en patio de aserradero. Región Huetar Norte y Atlántica, Costa Rica. ....	77
Cuadro 13. Calculo del VB <sub>m</sub> para diferentes PIMP por tipo de bosque e intensidad de cosecha para una TMA de 3,44%. Región Huetar Norte y Atlántica, Costa Rica. ....	758
Cuadro 14. Calculo del VB <sub>m</sub> por tipo de bosque e intensidad de cosecha para diferentes TMA según inversionista. Región Norte y Atlántica, Costa Rica. ....	83
Cuadro 15. Determinación del VB <sub>m</sub> para diferentes esquemas de reconocer el PSA en un ciclo de corta oficial. Región Norte y Atlántica, Costa Rica. ....	86

## ÍNDICE DE ANEXOS

	Pag
Anexo 1. Estimación de intervalos de confianza (bootstrap para un nivel de confianza de 95%) para la demanda de tiempo en la recuperación del área basal por intensidad de cosecha y por tipo de bosque. ....	44
Anexo 2. Clasificación por grupo comercial para las principales especies forestales más comercializadas en diferentes zonas de Costa Rica de acuerdo a la Cámara Costarricense Forestal (2006). ....	100
Anexo 3: Entrevista a los propietarios para la toma de datos sobre las de fincas con una segunda cosecha o que van a tener en los próximos dos años una segunda cosecha. ....	100
Anexo 4: Entrevista a los madereros o intermediario. ....	1065
Anexo 5. Costos de las actividades del manejo forestal por sitio, según encuestados. Región Huetar Norte y Atlántica, Costa Rica, 2007. ....	1076
Anexo 6. Precios de compra de la madera en pie y patio de aserradero para Caobilla ( <i>Carapa guianensis</i> ) y Gavilán ( <i>Pentaclethra macroleoba</i> ) por sitio, según encuestados. Región Huetar Norte y Atlántica, Costa Rica. ....	106
Anexo 7. Montos asignados por hectáreas o árboles para el Pago de los Servicios Ambientales (PSA) por modalidad. Período 1997-2006. ....	1087
Anexo 8. Datos utilizados como insumo para el análisis financiero y de capital. ....	10908
Anexo 9. Cálculo de los costos de la Segunda Fase del plan de manejo (muestreo diagnóstico). Actividades de campo (personas/día) ....	109
Anexo 10. Actualización de costos e ingresos en el manejo de bosques para segundas cosechas. Región Huetar Norte y Atlántica. Costa Rica. ....	110
Anexo 11. Diferencia del volumen en pie con respecto al volumen que llega a la industria para planes de manejo en la Región Atlántica. ....	1121
Anexo 12. Disponibilidad de volumen por grupo de interés comercial de acuerdo a la intensidad de cosecha baja y alta en cada tipo de bosque. ....	112
Anexo 13. Calculo del VB para el caso base del bosque Gavilán-Palmas con una intensidad de cosecha baja para una tasa de descuento de 3,44%. Region Huetar Norte y Atlantica, Costa Rica. ....	113

## Resumen

Se toma como base la caracterización biofísica del bosque después del aprovechamiento y los factores que más peso tienen sobre la rentabilidad y la integridad de los bosques manejados, así como la capacidad de recuperación a partir de la definición de umbrales mínimos que determinen la posibilidad de nuevas cosechas. Donde el bosque es ubicado y tipificado en el contexto del paisaje forestal circundante, lo que permite evaluar el bosque considerando sus características particulares según dos tipos de bosques: el gavilán-palmas y el caobilla-gavilán. Para esto se trata de simplificar una diversidad de factores que influyen en la aceptación social de manejar los bosques sosteniblemente en unos pocos indicadores confrontándose contra la intensidad de cosecha. Se observó que con una intensidad de cosecha por encima de un 25% se estaría provocando un impacto negativo sobre el bosque, ya que aumenta en 15,9 el porcentaje de las Heliófitas Efímeras, superando el 15% recomendado por la norma. Por otra parte, se mostró que el interés público se encuentra fijando los rangos de rentabilidad donde deberá moverse el inversionista privado, y su principal característica de acuerdo al costo de oportunidad de la tierra es que este motivando a que el manejo de bosques sea relegado a sitios lejanos del mercado y bajos precios del bosque por de bajo de los 600.000 ¢/ha; lo que se contrapone con la voluntad real de pago del inversionista privado. Por lo tanto se hace necesario generar políticas que influyan en cambiar factores como la tasa de descuento o la manera en el pago por servicios ambientales, lo que demuestra que cuando existe una mejora en los factores que mayor peso tienen sobre la rentabilidad del manejo de bosques la actividad pueda darse aún en lugares de un costo de oportunidad de la tierra alto y precios del bosque de hasta 3.000.000 ¢/ha.

## Summary

The present investigation is based on the biophysical characterization of forest after it has been harvested. It focuses on the factors that are most relevant for the rentability and integrity of managed forests as well as on the capacity of recuperation departing from the definition of minimum thresholds that define the possibility of new harvests. The forest, being located and classified in its surrounding forest landscape allows for a forest evaluation that acknowledges specific characteristics according to two types of forest: the 'gavilan-palmas' and the 'caobilla-gavilan'. For simplicity, the diversity of factors that influence the social acceptance for sustainable forest management has been limited to a few indicators that are contrasted with harvest intensity. On the one hand, it has been observed that a harvest intensity above 25% would cause a negative impact on the forest leading to an increase of 15,9 % of *heliofitas efimeras* exceeding recommended level of 15% defined by norm . On the other hand, it has been shown that the public interest instead of the private investor is defining the ranges for rentability. The public's interest's principal characteristic regarding the opportunity costs of land is causing that forest management is banished/ relegated to remote market locations and low forest prices below 600.000 ¢/ha. This contrasts with private investor's real willingness to pay. It can be concluded that it will be necessary to generate policies to allow for changes in factors such as the discount rate; or for the payment modalities of the national Payments for Environmental Services indicating that an improvement of the most influencing factors for the rentability of sustainable forest management permits that the activity can possibly take place in locations with a high land opportunity cost and forest prices until 3.000.000 ¢/ha.

## 1. PRESENTACIÓN

El reconocimiento de las aportaciones económicas, sociales, culturales y ambientales de los bosques y la actividad forestal ha aumentado considerablemente en los últimos años; no obstante, se sigue adoleciendo de fuertes inversiones y bajos ingresos (FAO 2005), donde decisiones tomadas años atrás provocaron que los bosques no jugarán un rol más importante en el desarrollo de las economías nacionales y en muchos casos la implementación de políticas nacionales fueron orientadas a promover la deforestación y el cambio de uso del suelo, lo que le restó el verdadero valor e importancia que representa el recurso forestal.

Por lo tanto, el uso que la tierra debe tener se encuentra asociado por la decisión del propietario en dedicar la tierra al manejo de bosques o por el contrario cambiar a otros usos alternativos más rentables; no obstante, esta decisión de dedicar su tierra al manejo forestal sostenible (MFS) varía considerablemente de acuerdo a la capacidad de uso del suelo, a la distancia a mercados, a los costos para el acceso a la legalidad, entre otros. Esta gama de factores, son los que influyen de manera directa e indirecta sobre la aceptación del manejo como alternativa productiva por parte de los dueños de bosques. La evidencia demuestra que en diferentes regiones del mundo los agentes privados prefieren deforestar, liquidar los bosques o convertirlos en plantaciones forestales (Kishor y Constantino 1993).

A pesar de que en la actualidad se han desarrollado una serie de principios, criterios e indicadores que definen los estándares para el manejo forestal, todo hace pensar que la sostenibilidad y la conservación de los bosques, no será posible si no se toman en cuenta dentro del análisis, las características socioeconómicas de los diferentes actores que participan en la gestión forestal y por otra parte, se trate de entender de una manera más profunda las causas que provocan la desvalorización de los bosques, la deforestación y la pérdida de biodiversidad que son algunos de los efectos negativos producto de una falta de valor en el mercado de la multifuncionalidad de los bosques. Es destacable, según FAO (2002), que el cambio mundial neto en el área de bosque entre 1990 y 2000 se estimó en -9,4 millones de hectáreas anuales, indicando que las iniciativas por detener la deforestación no han tenido los resultados esperados y que la raíz de los problemas no ha sido bien atacada.

Por lo tanto, la aceptación de manejar sosteniblemente los bosques no es sólo una situación de índole técnico y legal, sino más bien, se relaciona a la diversidad de factores socioeconómicos

de los diferentes actores que participan en el uso de los recursos que van desde la pobreza y la seguridad alimentaria; hasta el problema de las regulaciones del MFS y los costos de transacción que influyen en tener una menor rentabilidad de las inversiones forestales. Donde, la necesidad de buscar mayores rentabilidades en la actividad forestal hace que se den mayores impactos *in situ* sobre el bosque lo que se ve reflejado en paisajes más intervenidos. Es por esto, que una baja percepción de la rentabilidad del bosque como uso del suelo va a tener una baja aceptación social del MFS por parte de los propietarios del mismo, esto influirá en que se inicien procesos de conversión de tierras (deforestación) con el propósito de buscar actividades que maximicen la rentabilidad, provocando mayores impactos al nivel de paisaje, erosión y pérdida de capacidad productiva de los suelos, teniendo como resultado la fragmentación de ecosistemas.

La baja aceptación social del manejo de bosques se percibe al retomar las cifras históricas de la tala ilegal que se han dado en el país que alcanzan entre un 28% y 41% del volumen total de madera que se comercializa (Campos et ál. 2001); así como de la tasa de deforestación que puede rondar las 5000 ha/año, en los últimos años. Esto plantea el hecho de que las causas por atacar a fin de disminuir esos efectos no han sido bien identificadas, por lo que hace necesario identificar los factores de carácter social, económico, cultural y técnico que más influyen en la rentabilidad y la sostenibilidad del manejo de bosques intervenidos. Afortunadamente, después de que el cambio de uso del suelo en terrenos con bosque se prohibiera, el manejo de bosques se vislumbra como una de las principales herramientas para favorecer la conservación de los mismos; principalmente, en aquellos sitios donde el costo de oportunidad de la tierra es bajo, lo que se comprueba con un aumento en número de unidades de manejo forestal que día a día están cumpliendo un primer ciclo de corta bajo estándares de sostenibilidad y que buscan ser aprovechadas en una segunda ocasión.

A pesar de que en la actualidad se reconoce que los bosques tienen un alto valor para la humanidad, también se da la razón a quienes mencionan que en la mayoría de los casos no se ve reflejado en mayores rendimientos para los dueños de las tierras donde se encuentran esos ecosistemas. Aunque se reconocen una serie de bienes y servicios al bosque, la producción de la madera sigue siendo el producto de mayor valor que ofrece el bosque (Whiteman 2003), por lo tanto comprender de la mejor manera la sostenibilidad de su manejo para la producción

continua de acuerdo al costo de oportunidad es un objetivo que debe estimular a los actores que abogan por la conservación de los mismos.

Las unidades de manejo en el estudio son ubicadas en el contexto del paisaje forestal circundante a través de la definición de tipos de bosque sugerida por Ramos y Finegan (2006). De acuerdo con estos autores el grupo I de Corinto, La Legua y La Montura corresponden a un bosque gavilán-palmas: se caracteriza por estar dominado por *Pentaclethra macroloba*, así como por una alta abundancia de cuatro especies de palmas *Welfia georgii*, *Iriartea deltoidea*, *Socratea exorrhiza* y *Euterpe precatória*. Entre las principales especies arbóreas asociadas se encontró a *Dendropanax arboreus* y *Tetragastris panamensis*. En el caso del grupo II de Corinto y La Tirimbina pertenecen a un Bosque caobilla-gavilán, este se caracteriza por ser un bosque muy homogéneo dominado por *Pentaclethra macroloba*, encontrándose principalmente asociado con *Carapa guianensis*. En el caso de las palmas, este bosque se caracterizó por una baja abundancia, siendo *Welfia georgii* la de mayor IVI entre ellas.

Por otra parte, en Costa Rica los ciclos de corta (CC) son legalmente definidos en períodos de 15 años (ciclo de corta normativo), siempre y cuando no se cuente con información proveniente de Parcelas Permanentes de Muestreo (PPM) que demuestren lo contrario. Por lo que el enfoque en este estudio fue determinar con el uso de las PPM los valores observados en cada año de medición para las diferentes variables evaluadas dentro del CC silvicultural y el CC oficial, ya que se cuenta con suficientes registros cercanos al período definido por la norma. En la misma normativa la Ley Forestal 7575 establece que el profesional forestal podrá determinar el CC, en función de la información sobre crecimiento de los bosques naturales que exista y que tome en cuenta la dinámica particular del bosque y las condiciones de la zona. Y en aquellos casos que no se disponga de esta información el CC no podrá ser menor de 15 años. Este CC “legal” da pie a que en la actualidad existan ciertas áreas de bosques que han alcanzado el tiempo para una segunda intervención. El CC o los años de intervalo de retorno entre aprovechamientos en una misma área es el método más común para la regulación de la extracción forestal en los bosques tropicales (Bolfor 2003).

No obstante, en las últimas dos décadas se han desarrollado una serie de cambios sociales que han modificado la percepción de la sociedad sobre el manejo, con una tendencia clara en restringir cada vez más el uso de los bosques a costa de la rentabilidad del privado. Donde se pasó de considerar las tierras cubiertas de bosques sin valor hasta llegar a sugerir y



mencionarse una alta importancia aunque hoy en día la internalización de los servicios ambientales no sean realmente reconocidos económicamente. Sin embargo, la relevancia de manejar sosteniblemente los bosques se ve plasmada en el hecho de que actualmente para la Región Norte y Atlántica del país, se están llevando a cabo segundas cosechas en aquellos bosques que habían tenido una primera intervención forestal a través de planes de manejo elaborados por la Comisión para el Desarrollo Forestal de San Carlos (CODEFORSA) y por la Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central (FUNDECOR) en la Región Norte y Atlántica, respectivamente; para lo que se han asumido ciclos de corta cercanos a los 15 años.

Por lo tanto, se trata de comprender los factores que más influyen en la sostenibilidad forestal a través de la combinación de criterios que identifiquen los puntos óptimos que puedan conciliar el interés privado con el interés público, basándose en indicadores que traten de conciliar los diferentes aspectos que influyen en la percepción del manejo de bosques según la rentabilidad para tres tipos de inversionistas. Para esto se confronta el porcentaje de Heliófitas Efímeras como indicador de impacto, el Valor del Bosque de acuerdo al ciclo de corta normativo como indicador del interés público, el Valor del Bosque de acuerdo al ciclo de corta financiero como indicador del interés privado y el Índice de Chao-Jaccard como la medida en el cambio de composición florística, contra la intensidad de cosecha. Se toma como base la caracterización biofísica del bosque después del aprovechamiento y los factores que más peso tienen sobre la rentabilidad y la integridad de los bosques manejados.

Por otra parte, para evaluar el efecto de políticas y de la normativa en el MFS fue necesario modelar los efectos de la intensidad de cosecha en la rentabilidad y la integridad ecológica por tipo de bosque, a partir de los datos provenientes del monitoreo continuo de las PPM, las que fueron establecidas para evaluar las implicaciones del aprovechamiento y la aplicación de tratamientos silviculturales sobre la dinámica del bosque, y no necesariamente para evaluaciones socioeconómicas. Estos objetivos iniciales establecen ciertas limitaciones a la hora de ampliar la información a otro tipo de estudios, ya que en muchos casos algunas variables no fueron controladas desde el inicio del establecimiento del experimento, lo que introduce cierta incertidumbre a la hora de realizar el análisis económico sobre el MFS para los sitios de estudio. Por lo que, a la hora de generalizar las conclusiones en este estudio, estas

deben verse asociadas a una serie de variables y factores que dan pie a los resultados obtenidos y no pueden verse de manera aislada.

### **1.3. Objetivos del estudio**

#### 1.3.1. Objetivo general

- Evaluar las implicaciones de políticas, regulaciones y otros factores que influyen a nivel económico, social y ambiental en el manejo sostenible de bosques intervenidos del trópico húmedo de Costa Rica.

#### 1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar el crecimiento post-aprovechamiento de bosques intervenidos como criterio de inversión para un nuevo ciclo de corta.
- Analizar económicamente el MFS y evaluar la rentabilidad de inversiones en el manejo de bosques naturales.
- Identificar el efecto de la aplicación de diferentes intensidades de cosecha sobre la rentabilidad y la integridad ecológica.

### **1.4. Hipótesis del estudio**

H1. Los costos de acceso a la legalidad, la aplicación de regulaciones y la participación de intermediarios son los factores que más pesan en la competitividad del manejo sostenible de bosques naturales, más que el costo de oportunidad del uso de la tierra; por lo tanto con incentivos se puede mejorar la aceptación del MFS.

H2. La masa forestal remanente de bosques intervenidos con intensidades de cosecha mayores presentan tasas más altas de recuperación del área basal comercial que las mostradas por los bosques con menores intensidades de cosecha, lo que pone a disposición volúmenes más altos de madera por cosechar en una segunda intervención, aumentando así la rentabilidad del manejo de bosques.

H3. El valor del activo bosque es mayor o igual al precio de mercado del bosque en aquellos casos en que el bosque se desarrolla en las clases de capacidad de uso del suelo VI - VII o en áreas alejadas de mercados agrícolas.

H4. El nivel de cosecha silviculturalmente óptimo corresponde al nivel de cosecha económicamente óptimo, creando una tasa de descuento y/o incentivos socialmente aceptados.

## **4. ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN**

### **Artículo 1. Determinación de rendimientos comerciales en nuevas cosechas bajo un esquema de manejo policíclico de bosques naturales**

#### **1. INTRODUCCIÓN**

El manejo forestal y la silvicultura tienden a jugar un papel más relevante en la economía y en los medios de vida de las comunidades. Hoy día existe una mayor conciencia sobre la multifuncionalidad de los bosques y se considera que su sostenibilidad debe tomar en cuenta los usos, creencias y costumbres de las personas, así como la necesidad de generar beneficios económicos y sociales a diferentes escalas que logren competir con los usos alternativos del suelo. El MFS pretende establecer un balance entre los factores ecológicos, económicos y sociales; donde, la sostenibilidad de los bosques se basa en primera instancia en garantizar su permanencia.

En Costa Rica la silvicultura de bosques naturales afronta una serie de presiones externas, promovidas principalmente por grupos ambientalistas que luchan para que esos ecosistemas no sufran ningún tipo de intervención y por otra parte, están las políticas estatales, que entre otras cosas, han eliminado el Pago por Servicios Ambientales para el manejo de los bosques, lo que ha contribuido a que el manejo forestal no se considere como una inversión más en los sistemas de producción de la finca, sino como un gasto innecesario; lo que, en muchos casos, ha puesto en peligro la permanencia del recurso.

En el país, los ciclos de corta son legalmente definidos en períodos de 15 años, lo que ha motivado que actualmente cerca de 40.000 ha de bosques que fueron intervenidos en los años 90 en la Región Norte y Atlántica, a través de planes de manejo elaborados por la Comisión para el Desarrollo Forestal de San Carlos (CODEFORSA) y la Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central (FUNDECOR), están llegando al plazo estipulado por la norma. Esto abre la posibilidad de realizar nuevas intervenciones, ya que se parte del hecho de que estos bosques tienen altos valores de conservación (Hartshorn 2003) y que los servicios ambientales que brindan logran mantener una alta calidad aún después del aprovechamiento. En este momento se debate en el país el tema de las “segundas cosechas” que ha cobrado vigencia entre los actores que participan en la gestión de los bosques naturales, debido a una constante demanda de bienes y servicios.

Es por esto que la búsqueda de los criterios silviculturales que definan las pautas más sostenibles en el uso de los bosques manejados, deberán definirse a partir de la información científica más confiable, la cual es generada por instituciones de investigación establecidas en el país que cuentan con más de dos décadas de desarrollar investigación en los bosques tropicales; los que deberán contribuir en la definición de los límites máximos o umbrales mínimos permitidos de perturbación en el bosque, para que sigan brindando una oferta sostenible de bienes y servicios ambientales demandados por la sociedad costarricense.

Por lo tanto, se busca evaluar el crecimiento post-aprovechamiento de bosques intervenidos cercanos a cumplir un ciclo de corta de 15 años, así como determinar la producción forestal de bosques manejados silviculturalmente con diferentes tasas de cosecha. Se pretende fijar el ciclo de corta silvicultural de acuerdo a los principios de: a) cosechar nuevamente hasta que el bosque recupere lo aprovechado; y b) aprovechar el excedente que crece la masa a partir de un umbral mínimo o límite permitido y definido según el tipo de bosque, que puedan sentar la base para una posible nueva cosecha en períodos menores a los 15 años. La determinación del ciclo de corta silvicultural, en conjunto con el ciclo de corta financiero y el ciclo de corta biológico –que serán identificados en otras secciones de este trabajo-, constituirá uno de los insumos necesarios para identificar los factores que mayor peso tienen sobre la sostenibilidad y la aceptación social del manejo de bosques.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1. Sitio de estudio**

El estudio se llevó a cabo en la Región Huetar Norte y Atlántica del país (Figura 1), donde CODEFORSA y el CATIE tienen instaladas una serie de Parcelas Permanentes de Muestreo (PPM) de una hectárea (Cuadro 1), para evaluar el impacto en valores productivos y de biodiversidad de la aplicación de ensayos silviculturales en bosques naturales. En el caso de CODEFORSA los sitios considerados en el estudio son: La Legua, ubicada en el Cantón de San Carlos, Distrito de Pital, y La Montura, que se ubica en el Cantón de Grecia, Distrito de Río Cuarto, ambos sitios se encuentran en la Provincia de Alajuela, con la presencia de una PPM de 1 ha en cada sitio; y para el caso del CATIE lo representan: Corinto que se ubica en el Distrito de Guápiles, Cantón de Pococí, de la Provincia de Limón y La Tirimbina en el Distrito Virgen, Cantón de Sarapiquí de la Provincia de Heredia, tanto en Tirimbina como en Corinto

existe un diseño formal para el estudio del impacto del aprovechamiento, con tres tratamientos y tres repeticiones, con nueve PPM de 1 ha en cada caso. Los tipos de bosque según Holdridge (1987) corresponden a bosques húmedos y muy húmedos tropicales, con rangos altitudinales que oscilan entre los 70 msnm y 345 msnm; temperaturas medias anuales que van de los 21 °C a los 27,5 °C y precipitaciones medias anuales entre los 2500 mm y 4000 mm.

Cuadro 1. Descripción de los sitios seleccionados en el estudio. Región Huetar Norte y Atlántica, Costa Rica.

Descripción	Sitio			
	La Legua <sup>1</sup>	La Montura <sup>1</sup>	Corinto <sup>2</sup>	Tirimina <sup>3</sup>
Ubicación administrativa	San Carlos, Pital	Grecia, Río Cuarto	Pococí, Guápiles	Sarapiquí, Heredia
Organización	CODEFORSA	CODEFORSA	CATIE	CATIE
Región	Huetar Norte	Huetar Norte	Huetar Atlántica	Huetar Atlántica
Número de PPM	1	1	9	9
Altitud (msnm)	80	70	235-345	160-220
Zona de vida (Holdridge 1987)	Bosque húmedo tropical	Bosque muy húmedo premontano, transición a basal	Bosque muy Húmedo Tropical	Bosque húmedo Tropical
Precipitación media anual (mm)	2500	3107,8	4000	3864
Temperatura media °C	27,5	21,2	23.0	24,5
Unidad de manejo (ha)	50	73,09	30	29,16
Período de observación	1992-2004	1992-2005	1990-2006	1989-2003

<sup>1</sup> = Planes de manejo de CODEFORSA (1992); <sup>2</sup> = Siteo (2000)

<sup>3</sup> = Finegan y Camacho (1998)

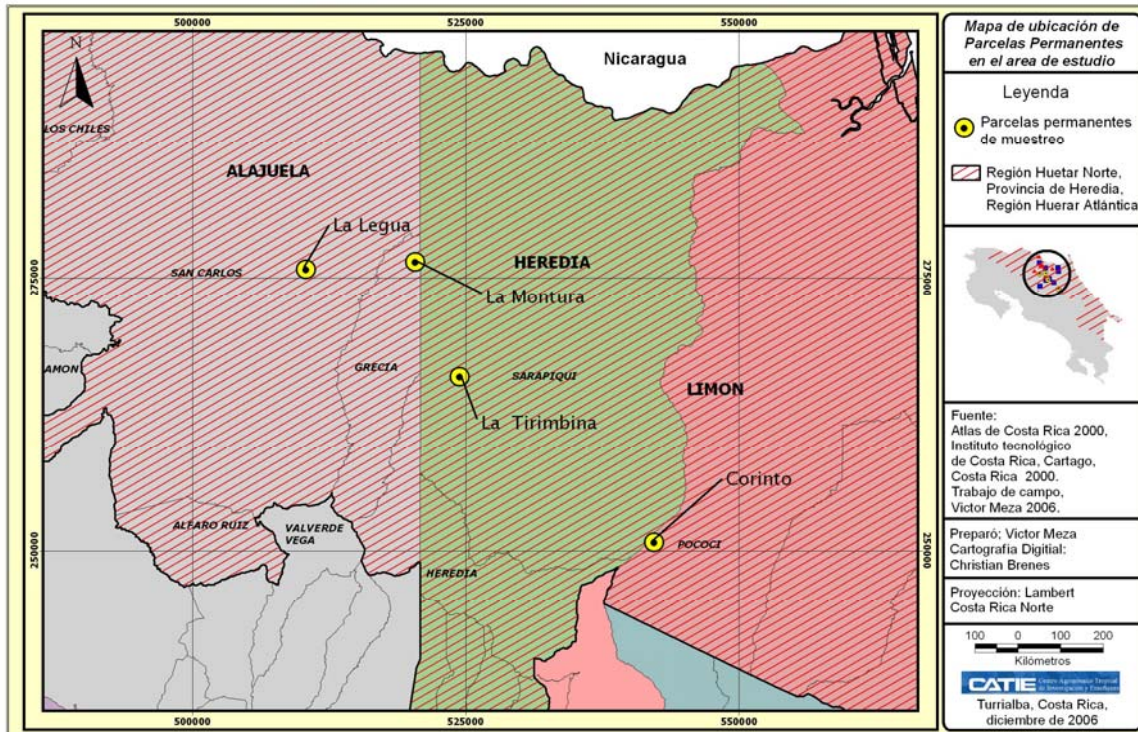


Figura 1. Mapa de ubicación de las Parcelas Permanentes de Muestro. Región Huetar Norte y Atlántica, Costa Rica.

## 2.2. El manejo forestal y silvicultural de los bosques

En La Legua y La Montura se llevó a cabo un aprovechamiento mejorado en el año 1992 por parte de CODEFORSA, que tomó como base el censo comercial para planificar y controlar las operaciones, con el fin de reducir costos y daños al bosque. Actividades como trazo y construcción de caminos, tala dirigida, arrastre y transporte controlado y medidas post-aprovechamiento, como clausura de caminos, limpieza de cursos de agua, recolección de desechos inorgánicos, son parte del aprovechamiento mejorado denominado también de bajo impacto (Méndez y Solano 1998). En el año 1993 se aplicaron tratamientos silviculturales, orientados a favorecer el establecimiento de la regeneración de especies maderables y a disminuir la competencia, con el fin de impulsar el crecimiento de los árboles elegidos para la futura cosecha. La suma del aprovechamiento y los tratamientos silviculturales redujeron en La Montura un 27% del área basal inicial ( $29,8 \text{ m}^2/\text{ha}$ ) y en La Legua fue de un 6% de  $29,1 \text{ m}^2/\text{ha}$  (condición inicial); para los árboles con un diámetro a la altura de pecho (dap)  $\geq$  a 10 cm. Cabe destacar, que en La Legua se tiene evidencia de haberse llevado a cabo un aprovechamiento forestal 15 o 20 años antes de la ejecución del plan de manejo por parte de CODEFORSA.

En Tirimbina se tienen establecidas nueve PPM. Según Hunter *s.f.* citado por Finegan y Camacho (1998) el bosque fue intervenido entre 1960 y 1984; el último aprovechamiento fue realizado por el CATIE entre los años de 1989 y 1990. Posteriormente, en 1991 se aplicaron tratamientos silviculturales. En tres PPM se aplicó liberación y refinamiento, y en otras tres PPM un tratamiento de dosel protector. Así, se tienen en el sitio nueve PPM con tres tratamientos (tres PPM por tratamiento) distribuidas de la siguiente manera:

- a) 2, 4 y 8 con solo aprovechamiento (Aprov); estas parcelas conformaron el grupo testigo y aunque hubo aprovechamiento, no recibieron ningún tratamiento silvicultural;
- b) 3, 5 y 9 con aprovechamiento y liberación con refinamiento parcial (Aprov+lib) que según Quirós y Finegan (1994) fueron tratadas en 1991, mediante la eliminación de árboles no comerciales con un dap  $\geq$  a 40 cm, sobre aquellos árboles que durante el inventario de planificación fueron marcados para la conservación (refinamiento parcial). Además se eliminaron los árboles con un dap  $\geq$  a 10 cm de cualquier especie (salvo los semilleros o de especies de importancia ecológica), que en un radio de 10 m compitieron u oprimieron árboles seleccionados para futuras cosechas (liberación);
- c) 1, 6 y 7 tratadas en 1992 con dosel protector, este consistió en la eliminación, por corte y extracción de los árboles del dosel medio e inferior, cuyas copas oprimían, se traslapaban o competían con los árboles de futuras cosechas.

En Corinto, se establecieron nueve PPM entre los años de 1988 y 1990, con tres tratamientos (tres PPM por tratamiento) distribuidas de la siguiente manera:

- a) 2, 7 y 8, no sufrieron ningún tipo de intervención forestal y son consideradas como el tratamiento testigo;
- b) 5, 6 y 9, se aprovecharon en el año de 1992;
- d) 1, 3 y 4, fueron aprovechadas en el año de 1992 y se aplicaron tratamientos silviculturales de liberación en el año de 1996;

El aprovechamiento más el tratamiento redujo en promedio, para Corinto, un 11,5% de los 28,1 m<sup>2</sup>/ha, y para Tirimbina la reducción promedio fue 11% de los 27,8 m<sup>2</sup>/ha presentes antes del aprovechamiento.



Dentro del análisis fue necesario eliminar todas aquellas PPM que sufrieron alguna intervención silvicultural tres o más años después del aprovechamiento, ya que la reducción del área basal o el número de árboles producto de estas actividades originan una serie de distorsiones en el momento de calcular las tasas de recuperación por sitio de estudio y por tipo de bosque. Con relación a lo anterior, en Tirimbina fue necesario excluir las PPM 3, 5 y 9; y en el caso de la 8, fue por no haberse cosechado ningún árbol. Por otra parte, en Corinto se eliminaron del análisis las PPM 1, 3 y 4.

En este estudio la aplicación de los tratamientos silviculturales se evaluó dentro de una propuesta de manejo de bosques, que toma en cuenta la combinación del efecto del aprovechamiento y la aplicación de los tratamientos en su conjunto, sin hacer distinción entre tipos de tratamientos; ya que el interés se centró en las diferencias de producción forestal por intensidad de cosecha, por sitio y por tipo de bosque según Ramos y Finegan (2006). Se buscó analizar las PPM como si fueran diferentes unidades de manejo para un mismo tipo de bosque, según las intensidades de cosecha. Donde la mayor diferencia entre las PPM radicó en tres condiciones: a) en la cantidad de madera cosechada, b) la reducción del área basal presente antes del aprovechamiento y c) la masa residual después del aprovechamiento.

Para una mejor comprensión de los resultados y de la discusión, se definió una codificación de la muestra de PPM de acuerdo al sitio y al número de PPM correspondiente (Cuadro 2). Para Tirimbina fue TIR y el número de PPM, en Corinto fue COR y el número de PPM, para la Montura fue MON y La Legua fue LEG.

Cuadro 2. Codificación de las PPM utilizadas en el estudio. Región Huetar Norte y Atlántica, Costa Rica.

<b>Sitio</b>	<b>PPM</b>	<b>Código</b>	<b>Tratamiento</b>
Tirimbina	2	TIR2	Aprov
Tirimbina	4	TIR4	Aprov
Tirimbina	1	TIR1	Aprov+lib
Tirimbina	6	TIR6	Aprov+lib
Tirimbina	7	TIR7	Aprov+lib
Corinto	2	COR2	T
Corinto	7	COR7	T
Corinto	8	COR8	T
Corinto	5	COR5	Aprov
Corinto	6	COR6	Aprov
Corinto	9	COR9	Aprov
Montura	1	MON	Apro+Tra
Legua	1	LEG	Apro+Tra

Cada parcela de los ensayos en Corinto y La Tirimbina tiene un área de una hectárea (100 m x 100 m), dividida en subparcelas de 20 x 20 m (400 m<sup>2</sup>) dentro de las mismas todos los árboles fueron identificados botánicamente, se miden periódicamente con cinta diamétrica aquellos mayores a 10 cm de dap, y se les asignó una numeración independiente para cada subparcela. Se tienen mediciones desde el año de 1988 para algunas parcelas.

### **2.3. Clasificación de los bosques estudiados**

Para este trabajo se tomó como base el estudio realizado por Ramos y Finegan (2006), que caracterizó los diferentes tipos de bosque según las especies presentes, ubicados en la Zona Norte de Costa Rica. Dicha clasificación se describe a continuación:

#### 2.3.1. Bosque gavián-palmas

Bosque de *Pentaclethra macroloba* (gavián) y palmas, este bosque se caracteriza por estar dominado por *Pentaclethra macroloba*, así como por una alta abundancia de cuatro especies de palmas *Welfia georgii*, *Iriarteia deltoidea*, *Socratea exorrhiza* y *Euterpe predatoria* las que presentan un dap mayor a los 10 cm. Entre las principales especies arbóreas asociadas se encuentran *Dendropanax arboreus* y *Tetragastris panamensis*.

#### 2.3.2. Bosque 2

Bosque de *Qualea paraensis*, *Vochysia ferruginea* y *Couma macrocarpa*, no presenta una especie claramente dominante y se caracteriza por una asociación arbórea distinta. La especie de mayor IVI fue *Dialium guianense*.

#### 2.3.3. Bosque caobilla-gavián

Bosque de *Pentaclethra macroloba* (gavián) y *Carapa guianensis* (caobilla), este se caracteriza por ser un bosque muy homogéneo dominado por *Pentaclethra macroloba*, encontrándose principalmente asociado con *Carapa guianensis*. En el caso de las palmas, este bosque se caracterizó por una baja abundancia, siendo *Welfia georgii* la de mayor IVI entre ellas.

Se realizó un análisis de conglomerados siguiendo la metodología de Ramos (2004). Para ello se calculó el IVI en cada una de las parcelas de los tratamientos en Corinto. La información utilizada para este análisis fue la medición próxima (antes) de la intervención de los bosques. Una vez definidos los tipos de bosque se realizó un análisis de especies indicadoras a través

del método de conglomerados (Ramos 2004) para establecer cuáles son las especies características de los bosques y poder con ello, generalizar los resultados de la evaluación posterior al aprovechamiento con el resto de los bosques en la zona de estudio. En los casos de La Legua, La Montura y Tirimbina, el tipo de bosque fue definido durante el estudio realizado por Ramos (2004), por lo que no fue necesario correr ningún análisis para estos sitios. Quedando agrupadas las PPM de acuerdo a la siguiente distribución: Bosque gavilán-palmas (COR9, TIR2, TIR4, TIR1, TIR6 y TIR7) y el Bosque caobilla-gavilán (COR5, COR6, MON y LEG).

#### **2.4. Análisis de datos**

Para La Legua y La Montura las mediciones y observaciones fueron realizadas por CODEFORSA en los años 1992, 1993, 1994, 1996, 1997 y 1998; la medición del 2004 y 2005 la realizó el Instituto de Investigación y Servicios Forestales de la Universidad Nacional (INISEFOR-UNA). En el caso de Tirimbina las mediciones van desde el año 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1996, 1998, 2002 y 2003. En Corinto los datos provenientes de las mediciones de 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 2000 y 2006, fueron llevados a cabo por la Unidad de Manejo de Bosques del CATIE, de donde se obtuvieron los diferentes períodos de medición. El cálculo del área basal y del número de árboles corresponde al valor obtenido en cada año de medición, en el caso de los años en que no se contaba con mediciones fue necesario calcular un incremento medio periódico para asignarle el valor correspondiente.

#### **2.5. Determinación de la producción forestal**

La capacidad en la producción forestal para los bosques se obtuvo a través de la determinación de Incremento Neto Periódico (INP) que consiste en la suma del crecimiento neto del área basal de los árboles vivos y los reclutas; para esto se consideraron las especies comerciales ( $\geq$  a 10 cm de dap) debido a su importancia en los CC futuros, pero no incluye los árboles muertos dentro de cada sub-período de medición, en este caso, lo que interesa es el incremento del área basal comercial. Este valor pone de manifiesto el incremento disponible entre cada período de medición.

Con respecto al INP, al contar con períodos variados de medición por sitio, fue necesario calcular el incremento medio periódico (IMP) para cada variable, con el fin de realizar

comparaciones entre sitios y las pruebas estadísticas respectivas. Según Jiménez et ál. (*s.f.*) el INP se refiere al crecimiento que se produce en un período de  $n$  años o subperíodos consecutivos y su valor es la suma de  $n$  crecimientos anuales ( $a$ ) comprendidos entre el fin del año  $K$  y el fin del año  $K+n$ . Se puede expresar como:  $a_{i+1} + a_{i+2} \dots\dots a_{i+n}$

El IMP es el crecimiento medio del período completo de medición y consiste en dividir el INP por los años de cada periodo de observaciones, se puede expresar como (Jiménez et ál. *s.f.*):

$$IMP = \frac{INP}{n}$$

Siendo  $n$  el período de años, tenemos que para Corinto y Tirimbina fue de 14 años; para La Montura de 13 años y para La Legua de 11 años.

En cuanto a la relación del sitio de estudio y la capacidad de producción, se analizó el IMA a través de un análisis de varianza y el método de comparación de medias de LSD Fisher, del programa *Infostat*.

## **2.6. Determinación de las intensidades de cosecha**

Para evaluar el manejo de la densidad del rodal y su relación con la intensidad de cosecha (corresponde al área basal de los árboles con  $dap \geq 10$  cm reducida por el aprovechamiento), con el uso del programa estadístico *Infostat* (dendrograma de clasificación) se fijó el 10% de intensidad de cosecha como el límite entre intensidades. Para propósitos del análisis se establecieron dos intensidades de cosecha, por debajo del 10% considerada como de baja intensidad y por encima del 10%, como de alta intensidad. De acuerdo al área basal presente antes del aprovechamiento se clasificaron las PPM de la siguiente manera: a) baja intensidad de cosecha: TIR2, TIR1, TIR7, COR5, COR9 y LEG; y b) alta intensidad de cosecha: TIR4, TIR6, COR6 y MON.

## **2.7. Criterios de sostenibilidad**

En este trabajo se buscó evaluar el crecimiento post-aprovechamiento de bosques intervenidos cercanos a cumplir un CC oficial de 15 años (CCN), así como conocer la producción forestal de estos bosques de acuerdo a la aplicación de diferentes tratamientos silviculturales, tasas de cosecha y tipos de bosque según la clasificación de Ramos y Finegan (2006). Se pretendió fijar valores observados de tasas de cosecha de acuerdo a dos principios de sostenibilidad:

i) aprovechar hasta que la masa iguale los valores del área basal y del número de árboles presentes antes del aprovechamiento a partir de (este período puede variar):

- a) un diámetro mínimo de corta
- b) un  $dap \geq 10$  cm para el conjunto de todas las especies
- c) un  $dap \geq 10$  cm para las especies comerciales

ii) aprovechar sólo lo que crece el bosque en área basal y en número de árboles a partir de un DMC para el CC oficial definido en 15 años.

Aunado a estos dos criterios, bastaría incluir un tercer criterio: a) cosechar cuando se dé una recuperación aceptable de la composición florística y un cuarto b) que la cosecha sea financieramente rentable, para asegurar que con la combinación de estos criterios se de la sostenibilidad del recurso, aspectos que se discutirán oportunamente en las siguientes dos secciones.

### **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **3.1. Capacidad de producción forestal**

El estudio del crecimiento y de la producción presente y futura de los árboles y de los rodales forestales, es básico y fundamental para la planificación y la administración forestal (Moscovich 2004), es por esto, que resulta indispensable contar con buenas herramientas en la predicción de tasas de cosechas que apoyen la toma de decisiones. Destacándose los modelos de crecimiento y de producción como instrumentos de incontrastable utilidad para la planificación forestal, de los cuales se puede mencionar el utilizado para simular la dinámica del bosque tropical en los Llanos Occidentales de Venezuela (Ramírez et ál. 2006), el presentado para bosques secundarios (Neeff y dos Santos 2004) y bosques primarios (van Gardingen et ál. 2006) en la Amazonia Brasileña, o el reportado por Dauber (2003) en Bolivia. Sin embargo, es necesario mencionar que en este estudio se utilizan datos observados provenientes de las PPM que a su vez representan la dinámica natural en el ciclo de corta y en repetidas ocasiones no mantienen una tendencia constante como se observa en los modelos de crecimiento ajustados a través de regresiones.

### **3.1.1. Determinación del ciclo de corta**

El ciclo de corta (CC) puede verse como los años de intervalo de retorno entre aprovechamientos en una misma área (Fredericksen 2003), en primera instancia el CC corresponde al año en el cual los árboles remanentes sustituyen el área basal (Dauber 2003), el número de árboles o el volumen cosechado en el aprovechamiento; o por el contrario, el CC puede definirse bajo el principio de que solo se podrá cosechar el crecimiento del bosque producido después del aprovechamiento en un tiempo definido. En ambos casos, existen diversas opciones para definirlo de acuerdo al número de árboles, al área basal o al volumen, para árboles mayores a un DMC (definido en cada caso) o para árboles con más de 10 cm de dap. Estos, sin embargo, se encuentran relacionados a la determinación del CC silvicultural dado por la expectativa de recuperación del ecosistema. Por el contrario, existen diferentes tipos de CC que dependen del tipo de sistema silvicultural y los objetivos del manejo forestal, entre otros criterios (Navarro 2005); por ejemplo, el CC tecnológico trata de obtener la máxima cantidad de un producto determinado (Jiménez et ál. *s.f.*) o el CC del valor de la tierra forestal que maximiza el valor presente de todos los CC futuros de un sistema de producción forestal (Navarro 2005).

Por otra parte, la capacidad de recuperación de los niveles iniciales del área basal, del número de árboles o del volumen se encuentra asociada al grado de intervención forestal, y a la capacidad productiva del sitio. Fredericksen (1998) menciona que existen parámetros que describen el comportamiento del incremento y que están determinados por una serie de condiciones particulares de cada población tales como: factores genéticos, ambientales, de vigor, de competencia y de edad, que definen las condiciones propias del tipo de bosque.

La Ley Forestal 7575 establece que el profesional forestal podrá determinar el ciclo de corta, en función de la información sobre crecimiento de los bosques naturales que exista y tomando en cuenta la dinámica particular del bosque y las condiciones de la zona. Y en los casos que no se disponga de esta información el ciclo de corta no podrá ser menor de 15 años, este ciclo de corta “legal” da pie a que en la actualidad existan ciertas áreas de bosques que han alcanzado el tiempo para una segunda intervención. El ciclo de corta o los años de intervalo de retorno entre aprovechamientos en una misma área es el método más común para la regulación de la extracción forestal en los bosques tropicales (Bolfor 2003).

### 3.1.1.1. Respuesta al manejo de la densidad del rodal según intensidades de cosecha

En términos silviculturales, Dawkins (1958) desarrolló el criterio de área basal limitante, la cual representa el nivel de ocupación donde el crecimiento neto se aproxima a cero, en esta relación actúan la competencia y la supresión de individuos, lo que da origen a una disminución en el crecimiento de los árboles. Esta disminución se da principalmente por el grado de ocupación y por valores del área basal que estos bosques puedan alcanzar después del aprovechamiento, que a su vez es característico para cada tipo de bosque.

La relación entre la competencia y la producción forestal por tipo de bosque es el factor de interés en esta sección; esta relación está dada por la capacidad de recuperación de los bosques de acuerdo a la posibilidad de crecimiento que se produce en un período de  $n$  años, o subperíodos consecutivos, que corresponde al tiempo que llevan realizándose las mediciones en cada sitio.

Esta producción se mide a través del IMP, que es -quizás- de mucho interés para determinar la capacidad de volumen disponible en los sitios, pero no toma en cuenta los valores de área basal comercial de los árboles muertos entre períodos de medición, es entonces, el incremento que aportan los árboles vivos entre subperíodos de medición. Es así como la media para el IMP (Figura 2) de los tratamientos con altas intensidades ( $0,60 \pm 0,14 \text{ m}^2/\text{ha}/\text{año}$ ) mostró diferencias significativas ( $P = 0,0437$ ) con respecto a la de los tratamientos de intensidades bajas ( $0,40 \pm 0,13 \text{ m}^2/\text{ha}/\text{año}$ ) y el testigo ( $0,43 \pm 0,01 \text{ m}^2/\text{ha}/\text{año}$ ). Los sitios con intensidad baja y los sitios testigo no presentan diferencias significativas, evidenciando que las intensidades de cosecha óptimas del área basal pueden estar por encima del 10% de los valores del área basal antes del aprovechamiento, demostrándose la relevancia de mantener una intensidad de cosecha por encima del 10% del área basal inicial, si se quiere potencializar la producción forestal.

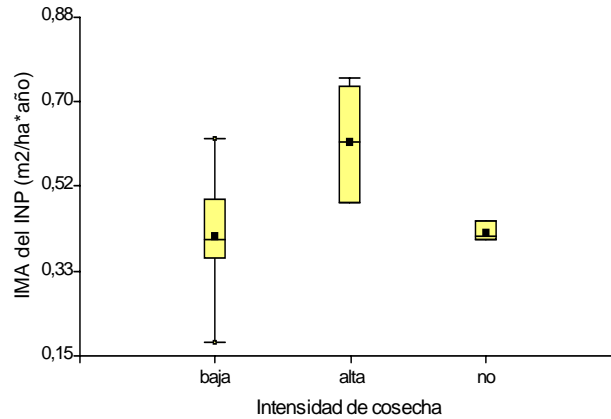


Figura 2. Tasas de incremento medio del área basal comercial  $\geq$  a 10 cm de dap para el INP según intensidad de cosecha. Para bosques de la Región Huetar Norte y Atlántica. Costa Rica.

En los sitios con intensidades altas de cosecha la capacidad de producción neta se potencializa, ya que para un CCN son capaces de recuperar en promedio 8,25 m<sup>2</sup>/ha, superando en 2,4 m<sup>2</sup>/ha a los de intensidades bajas (5,85 m<sup>2</sup>/ha) y en 1,95 m<sup>2</sup>/ha a los testigos (6,3 m<sup>2</sup>/ha). Esto sugiere una mayor disponibilidad futura de área basal comercial que se manifiesta en mayores volúmenes, por lo que bajo estas intensidades de cosecha debería haber mayor rentabilidad. Es necesario destacar que los sitios con intensidades bajas de cosecha tienen una capacidad de producción similar a los testigos, que para un CCN, apenas mostrarían una diferencia de 0,45 m<sup>2</sup>/ha entre sí; esto sugiere que la respuesta de los bosques a intensidades bajas de cosecha, es baja y su incremento es similar a los bosques no perturbados, y que el catalizador de la producción forestal para estos bosques se debe fijar por encima al 10% de reducción del área basal comercial  $\geq$  a 10 cm de dap.

La verdadera capacidad de producción de los sitios de acuerdo a la intensidad de cosecha, se ve mejor reflejada cuando se analiza la relación entre el INP y el área basal reducida por el aprovechamiento (Cuadro 3); es así como para todos los sitios, sin importar la intensidad de cosecha, se mantuvo una recuperación positiva del área basal igual o mayor al compararla con la cantidad de área basal reducida por el aprovechamiento. En 13 años, Tirimbina es capaz de producir entre 1,3 (TIR4) hasta 64,2 (TIR7) veces la cantidad de área basal aprovechada en cada caso, lo que significa una producción mayor de 1,42 m<sup>2</sup>/ha en TIR4 con respecto a los 6,22 m<sup>2</sup>/ha cosechados y de 6,32 m<sup>2</sup>/ha más en TIR7 con respecto a los 0,10 m<sup>2</sup>/ha aprovechados. Corinto en 14 años produce desde 1,2 veces (9,61 m<sup>2</sup>/ha) en COR6 y 11 veces (7,71 m<sup>2</sup>/ha) en COR5 lo reducido por el aprovechamiento, que fue de 7,90 m<sup>2</sup>/ha y 0,70



m<sup>2</sup>/ha, respectivamente. La Legua, en 11 años, produjo 1,1 veces (1,97 m<sup>2</sup>/ha) lo reducido (1,80 m<sup>2</sup>/ha) por la intervención forestal y La Montura, en 13 años, recuperó 1,2 veces (9,71 m<sup>2</sup>/ha) lo aprovechado, que fue de 8,0 m<sup>2</sup>/ha.

Cuadro 3. Capacidad de producción del INP de acuerdo al área basal reducida para un diámetro  $\geq$  a 10 cm de dap, por intensidad de cosecha para cada PPM. Región Huetar Norte y Atlántica, Costa Rica.

PPM	Tratamiento	Años de obs	Intensidad de cosecha <sup>2</sup>	Área basal comercial $\geq$ a 10 cm de dap (m <sup>2</sup> /ha)				INP (m <sup>2</sup> /período)	INP/ área basal reducida
				antes del aprov.	después del aprov.	reducida (m <sup>2</sup> /ha)	reducida (%)	Neto	Neto
TIR2	Aprov	13	Baja	23,40	21,50	1,90	8,1	5,35	2,8
TIR4	Aprov	13	Alta	26,40	22,80	4,80	17,7	6,22	1,3
TIR1	Apro+lib	13	Baja	21,70	20,30	1,40	6,6	4,72	3,4
TIR6	Apro+lib	13	Alta	23,40	20,90	2,50	10,6	6,38	2,6
TIR7	Apro+lib	13	Baja	21,60	21,50	0,10	0,3	6,42	64,2
COR2	T <sup>1</sup>	18	No	30,90	No	no	no	7,83	No aplica
COR7	T	17	No	29,30	No	no	no	7,01	No aplica
COR8	T	16	No	27,00	No	no	no	7,00	No aplica
COR5	Aprov	14	Baja	24,38	23,70	0,70	2,7	7,71	11,0
COR6	Aprov	14	Alta	31,04	23,10	7,90	25,5	9,61	1,2
COR9	Aprov	14	Baja	26,00	24,60	1,40	5,3	5,27	3,8
MON	Apro+Tra	13	Alta	29,80	21,70	8,00	27,0	9,71	1,2
LEG	Apro+Tra	11	Baja	29,10	27,30	1,80	6,1	1,97	1,1

<sup>1</sup>: sin intervención forestal, <sup>2</sup>: intensidad baja (< 10 %), intensidad alta (>10%)

### 3. 1.1.2. Producción forestal por sitio de estudio

La calidad del sitio se encuentra asociada al suelo, la topografía, el clima, las zonas de vida, la silvicultura, al manejo forestal y a otro grupo de factores que pueden influir en el crecimiento, mortalidad y el reclutamiento de los árboles; es por esto, que algunos sitios solo pueden albergar bosques “pobres” (Vanclay 1992). Desde el punto de vista del manejo y la producción forestal, esta variación local en la capacidad del sitio para sostener distintas especies de árboles, promover un crecimiento rápido y producir árboles comerciales, también afecta las metas de producción (Wadsworth 2000).

En cuanto a la relación del sitio de estudio y la capacidad de producción, se encontró que el IMP por sitio de estudio, mostró diferencias significativas entre sitios ( $P = 0,0100$ ); que para La Montura fue 0,75 m<sup>2</sup>/ha/año, mostrando diferencias significativas con respecto a Corinto, La Tirimbina y La Legua; La Legua reportó con 0,18 m<sup>2</sup>/ha/año diferencias significativas con

el resto de los sitios, Corinto con  $0,50 \text{ m}^2/\text{ha}/\text{año}$  y La Tirimbina con  $0,45 \text{ m}^2/\text{ha}/\text{año}$  no mostraron diferencias significativas entre sí (Figura 3).

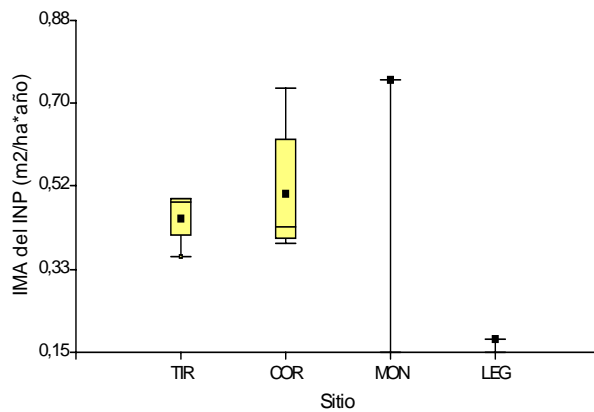


Figura 3. Tasas de incremento medio del área basal comercial  $\geq 10 \text{ cm}$  de dap para el INP según el sitio de estudio. Para bosques de la Región Huetar Norte y Atlántica. Costa Rica.

La mayor diferencia entre sitios según el IMP, se dio entre La Montura ( $0,75 \text{ m}^2/\text{ha}/\text{año}$ ) y La Legua ( $0,18 \text{ m}^2/\text{ha}/\text{año}$ ), con  $0,57 \text{ m}^2/\text{ha}/\text{año}$ , que proyectado para un CCN significaría una disponibilidad de  $8,55 \text{ m}^2/\text{ha}$  o un 76% más de crecimiento para La Montura; con esto, se refleja las diferentes capacidades de producción que se da entre sitios y al igual que los factores de manejo (intensidad de cosecha), son elementos que ayudan a determinar la nueva cosecha, mostrando que la disponibilidad futura de madera estará influenciada por estos dos factores, dando como resultado que algunos sitios son capaces de recuperar los volúmenes cosechados más rápidamente que otros.

### 3.2. Clasificación de los sitios estudiados por tipo de bosque

La caracterización de los bosques se hace necesaria con el fin de extrapolar los períodos que determinan el nuevo CC (silvicultural, tecnológico, financiero, entre otros). Así, en la zona se han identificado al menos dos clasificaciones de bosques, un primer estudio realizado por Gallo (1999) que agrupa los bosques en cuatro clases, de acuerdo a las semejanzas florísticas, tomando como base inventarios forestales y parcelas permanentes; y por otra parte, se encuentra el de Ramos (2004) que definió tres tipos de bosques de acuerdo a su composición con el uso del cálculo de los Índices de Valor de Importancia (IVI) y el análisis de especies indicadoras. Para el presente trabajo se tomó como base esta última clasificación, con el fin de

caracterizar la dinámica de la producción forestal según el tipo de bosque y poder generalizar a nivel del paisaje.

El agrupamiento de las PPM utilizadas en el estudio se dio en cuatro grupos; dentro de las mismas se destaca la separación de Corinto en dos diferentes grupos de parcelas, el grupo I clasificó a COR2, COR5 y COR6 y el grupo II lo hizo con COR3, COR7, COR8 y COR9. La Tirimbina fue agrupada en solo un grupo, al igual que La Legua y La Montura (Figura 4) para estos últimos tres sitios el tipo de bosque fue definido durante el estudio realizado por Ramos (2004). En Corinto, el análisis de especies indicadoras reportó 18 especies en el grupo I con alta presencia de palmas, dentro de las tres principales están: *Socratea exorrhiza*, *Iriartea deltoidea* y *Welfia regia*; en el grupo II se encontraron 20 especies.

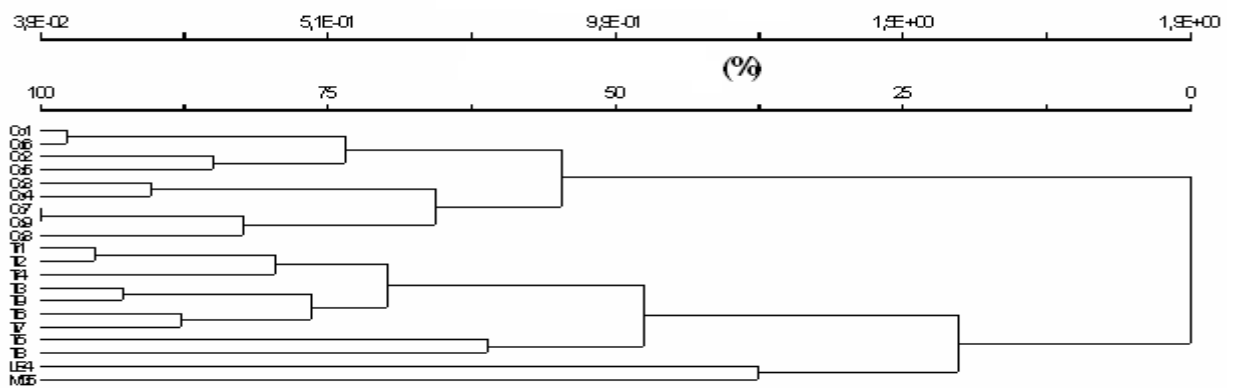


Figura 4. Dendrograma de agrupamiento para las diferentes sitios de estudio con datos de árboles y palmas  $\geq 10$  cm de dap. Para bosques de la Región Huetar Norte y Atlántica, Costa Rica.

En cuanto a la especie con el mayor IVI se encontró a *Pentaclethra macroloba* con un 28% en el grupo I y un 26% para el grupo II, sin embargo la diferencia radica en la presencia de *Carapa guianensis* en el grupo I, que hace a este grupo constituir un bosque tipo 3 y el segundo grupo un bosque tipo 1, estos son bosques identificados por Ramos (2004).

La caracterización final de los cuatro sitios se estableció en dos tipos de bosque, el grupo I de Corinto fue clasificado en bosque tipo 3 que Ramos (2004) definió como Bosque de *Pentaclethra macroloba* y *Carapa guianensis*; al igual que la Legua y La Montura (Ramos 2004). Los bosques tipo 1 son el grupo II de Corinto y La Tirimbina, considerados por la

misma autora como Bosque de *Pentaclethra macroloba* y palmas, este bosque se caracteriza por estar dominado por *Pentaclethra macroloba*, así como por una alta abundancia de cuatro especies de palmas *Welfia Georgia*, *Iriartea deltoidea*, *Socratea exorrhiza* y *Euterpe precatoria*.

### 3.3. Bosques no disturbados

#### 3.3.1. Dinámica del área basal limitante

Según Vanclay (1992) el área basal natural limitante puede fluctuar en el tiempo aún en bosques no disturbados, por lo que para estimar el valor de dicha área basal se hace necesario contar con períodos largos de mediciones en PPM; este valor, en este caso, es calculado con el uso de los árboles con  $dap \geq 10$  cm. Para esto, se utilizaron tres PPM establecidas en Corinto durante los años 1988 y 1990 en aquellos sitios que no sufrieron ninguna intervención forestal; se destacan estas PPM como la única muestra de bosque no aprovechado del total de 13 PPM que componen los datos utilizados para los diferentes análisis. Dentro del área de Corinto se pueden caracterizar dos tipos de bosque según clasificación de Ramos (2004), Corinto I (COR2) que corresponde a un bosque tipo 3 de *Pentaclethra macroloba* y *Carapa guianensis* y Corinto II (COR7 y COR8) que pertenece al bosque tipo 1 de *Pentaclethra macroloba* y palmas, esta agrupación es la base para la realización de comparaciones con los bosques manejados.

Los registros de observación durante 17 años en el Bosque gavilán-palmas y el Bosque caobilla-gavilán, arrojaron valores del área basal mínimos de 28 m<sup>2</sup>/ha y valores máximos de 32 m<sup>2</sup>/ha, que corresponde a los valores ya reportados por Alder (1996) para bosques no disturbados, con un valor promedio del área basal limitante de 30,2 m<sup>2</sup>/ha en el Bosque gavilán-palmas y de 30,4 m<sup>2</sup>/ha en el Bosque caobilla-gavilán. La mayor reducción por mortalidad natural reportada en el período de observación (Figura 5) para el Bosque 3 correspondió a una disminución de 3 m<sup>2</sup>/ha, dado en un período de tres años, ya que pasó de 30,9 m<sup>2</sup>/ha a 27,9 m<sup>2</sup>/ha; la misma es recuperada en los cinco años posteriores, alcanzando nuevamente los 30,9 m<sup>2</sup>/ha; que al ser comparada, con la intensidad de cosecha promedio en los bosques intervenidos tipo 3, se determinó que fue menor en 1,6 m<sup>2</sup>/ha (34%) que los 4,6 m<sup>2</sup>/ha cosechados en promedio para este bosque.

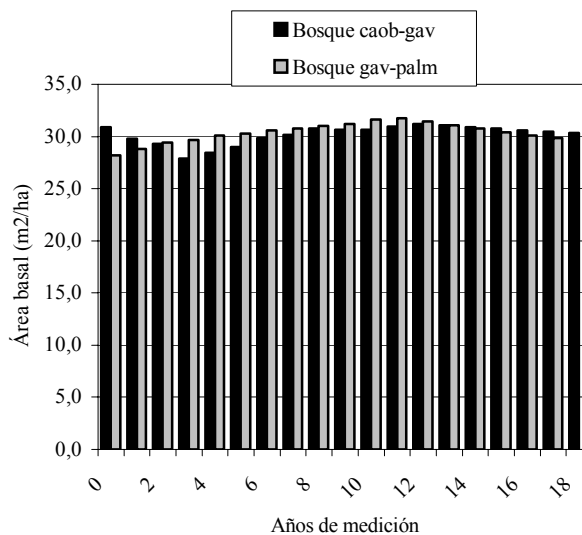


Figura 5. Dinámica del área basal ( $dap \geq 10$  cm) durante el período de observación de acuerdo a su capacidad de carga “área basal limitante” para bosques no manejados. Región Atlántica, Costa Rica.

En el Bosque gavián-palmas, se reportó un valor inicial de  $28,18 \text{ m}^2/\text{ha}$  y mantuvo una tendencia positiva durante los once años posteriores de observaciones hasta alcanzar  $31,75 \text{ m}^2/\text{ha}$  (como valor máximo) seguidamente desciende hasta llegar a  $29,8 \text{ m}^2/\text{ha}$ , lo que representó una ganancia de  $3,57 \text{ m}^2/\text{ha}$  en once años y una pérdida de  $1,95 \text{ m}^2/\text{ha}$  en seis años. Se evidencia una fuerte dinámica de ganancias con un  $12,7\%$  del área basal inicial de  $28,18 \text{ m}^2/\text{ha}$  y pérdidas del  $6,14\%$  de acuerdo a los  $31,75 \text{ m}^2/\text{ha}$  del valor máximo. Esta pérdida natural es mayor en  $0,55 \text{ m}^2/\text{ha}$  a la intensidad de cosecha ( $1,4 \text{ m}^2/\text{ha}$ ) de las PPM tratadas. Para ambos bosques, se comprobó que la pérdida natural es similar o mayor a las diferentes intensidades de cosecha ejecutadas en este tipo de bosque.

### 3.3.2 Dinámica del área basal y del número de árboles comerciales a partir del DMC

El área basal comercial promedio durante 19 años de observaciones, a partir del DMC (60 cm), en el Bosque caobilla-gavián fue de  $13,9 \text{ m}^2/\text{ha}$  y para el Bosque gavián-palmas de  $3,4 \text{ m}^2/\text{ha}$  en un período de 18 años, arrojando una diferencia de  $10,5 \text{ m}^2/\text{ha}$ , entre bosques. Esto representa un  $76\%$  más de área basal disponible para el Bosque caobilla-gavián con respecto al Bosque gavián-palmas.

El Bosque caobilla-gavián llegó a perder  $3,26 \text{ m}^2/\text{ha}$  en un período de tres años, pasando de  $15,15 \text{ m}^2/\text{ha}$  a  $11,89 \text{ m}^2/\text{ha}$ , lo que representó  $6,8\%$  del máximo valor, esta pérdida natural es

mayor para todos los casos, a la intensidad de aprovechamiento ejecutado en el resto de las PPM, tanto en el Bosque caobilla-gavilán que en promedio fue de 2,7 m<sup>2</sup>/ha como en el Bosque gavilán-palmas con apenas 0,7 m<sup>2</sup>/ha. Por otra parte, el Bosque caobilla-gavilán es capaz de ganar en seis años 2,7 m<sup>2</sup>/ha y el Bosque gavilán-palmas gana 1,74 m<sup>2</sup>/ha en once años.

Cabe destacar, que el peso del área basal comercial durante el período de medición de 19 años, para las clases diamétricas con un dap  $\geq$  a 60 cm, en el Bosque caobilla-gavilán es en promedio un 86% del total, el restante 14% corresponde al área basal no-comercial. Durante el período de observación, la relación del área basal comercial con el área basal no comercial llega a ser máxima con un 89% (comercial) sobre apenas un 11% del área basal no comercial y mínima con 84% (comercial) en comparación a un 16% del área basal no-comercial. Para el Bosque gavilán-palmas, se dispuso, durante los 18 años de mediciones, de una relación promedio menor al compararlo con el Bosque caobilla-gavilán ya que se reportó un 59% de área basal comercial promedio durante el período de observación. Donde, la máxima relación se dio con un 77% de área basal comercial con respecto a un 23% de la no-comercial; la mínima relación se dio con un 49% del área basal comercial y un 51% del área basal no comercial, siendo esta la condición más desventajosa desde el punto de vista de producción forestal; sin embargo, se nota una importante fluctuación en esta relación durante el tiempo, producto de las pérdidas y ganancias que dan la mortalidad y el reclutamiento de los árboles para ambos grupos.

El Bosque caobilla-gavilán a partir del DMC perdió en tres años de mediciones un total de 5 árboles/ha, ya que pasó de 31 árboles/ha a 26 árboles/ha, estos cinco árboles muertos por hectárea se encuentran por encima al promedio de árboles cosechados en Costa Rica, que rondan los 4 árboles/ha. No obstante, este tipo de bosque fue capaz de ganar o producir 4 árboles/ha, en un período de cinco años. El Bosque gavilán-palmas, recupera en ocho años un promedio de 4 individuos/ha. Esto sugiere que la disponibilidad de árboles (producto de la ganancia y la pérdida natural) para la cosecha, puede variar en períodos de tiempo tan cortos como tres años.

### **3.4. Variables dasométricas que definen una nueva intervención**

#### 3.4.1. Determinación del ciclo de corta biológico

En la selección de una nueva cosecha forestal, es necesario comprender que la productividad es propia de cada tipo de bosque y de la condición inicial en que se encuentre. La determinación del ciclo de corta estará sujeta a una serie de características que diferencian a un tipo de bosque con respecto a otro, por lo que no se debe hablar de un CC único para todos los tipos de bosque que en la mayoría de los casos, es fijado por las normas. El CC debería ser definido por las características biofísicas propias de cada caso; tales como, dominancia de especies comerciales, suelo, clima, entre otras; sin embargo, la posibilidad de una nueva cosecha sostenible se encuentra asociada a aspectos socioeconómicos y ecológicos, no menos importantes como son: el precio de la madera, la tasa de descuento, las preferencias de los individuos, el costo de oportunidad de la tierra, entre otros; que a su vez definen el ciclo de corta financiero (CCE).

Por otra parte, se encuentran los aspectos ecológicos que buscan definir un ciclo de corta biológico (CCB), que por ejemplo puede darse; en el momento en que la composición florística después del aprovechamiento sea lo más parecida a la condición antes del aprovechamiento; no obstante, esperar que los bosques manejados tengan las mismas características que los bosques no intervenidos debe ser la meta pero no el único fin, ya que con esto se podría sacrificar la sostenibilidad del manejo de bosques, disminuyendo la rentabilidad y la competitividad del manejo ante otras actividades productivas. El CCE y el CC normativo, serán tratados en otras secciones de este trabajo; centrándose en esta sección en la determinación del CCB.

Para la identificación del Ciclo de Corta Biológico se definieron dos principios básicos de sostenibilidad:

- a) el de esperar que el bosque iguale los valores dasométricos (área basal, número de árboles y volumen) presentes antes del aprovechamiento, ya sea para árboles con  $dap \geq 10$  cm o con  $dap \geq 60$  cm (DMC);
- b) el de aprovechar sólo lo que crece el bosque arriba de un límite mínimo aceptado o umbral base a partir de un diámetro mínimo de corta.

### 3.4.2. Recuperación del área basal

El criterio para definir el CCB bajo el primer principio se establece en el momento en que la disponibilidad del área basal para árboles con  $dap \geq 10$  cm ó para un  $dap \geq$  al DMC, logren recuperar los valores de la condición inicial (antes del aprovechamiento). De acuerdo con Pérez (2006) el área basal de los árboles con  $dap \geq 10$  cm es la variable que más integra y sintetiza información además de ser confiable y repetible. Sin embargo, una recuperación del área basal arriba de 10 cm de  $dap$ , no asegura la recuperación y disponibilidad del área basal que se encuentra por arriba del DMC o a la inversa. Es por esto, que la combinación del momento en que se da la recuperación para ambas áreas basales, es un mejor criterio para definir el nuevo CC.

El promedio de la intensidad de cosecha (reducción de área basal para los árboles con un  $dap \geq 10$  cm producto del aprovechamiento) para todos los sitios fue de un 10,9%, que representó 3,05 m<sup>2</sup>/ha; y una intensidad de aprovechamiento (árboles con diámetro  $\geq$  al DMC) promedio de 28,71% ó 1,52 m<sup>2</sup>/ha. Donde, el período necesario para recuperar el área basal cosechada (árboles con un  $dap \geq 10$  cm) en los sitios de intensidad de baja, de acuerdo a un nivel de confianza del 95%, varió de 3,9 años hasta los 9,4 años y una demanda promedio de  $6,54 \pm 1,5$  años. En los de alta cosecha el tiempo promedio en recuperar lo cosechado fue de  $13,8 \pm 1,1$  años y un intervalo que va de los 10,8 años a los 15,4 años. Para la masa forestal con un diámetro  $\geq$  al DMC, tardó en promedio  $10,2 \pm 2,3$  años en recuperar lo aprovechado, en los sitios de intensidad baja y en los de intensidad alta, le demandó  $14,4 \pm 2,3$  años.

Es importante recalcar que en algunos sitios no se ha podido recuperar lo cosechado durante el período de observaciones (14 años), pero se encuentran muy cercanos en lograrlo. Tal es el caso de TIR4 que en 14 años sólo le falta 0,5 m<sup>2</sup>/ha y COR5 que requiere de 0,7 m<sup>2</sup>/ha en 13 años, para llegar a presentar la misma área basal pre-aprovechamiento por arriba de 10 cm de  $dap$ .

Por otra parte, para alcanzar los valores del área basal de los árboles con un  $dap \geq$  al DMC (Cuadro 4), se destaca que en 14 años COR6 no ha podido alcanzar los valores iniciales, presentando un faltante de 3,3 m<sup>2</sup>/ha. En contraste, TIR7 y COR5 logran recuperar en corto tiempo lo aprovechado que fue de 0,3 y 0,2 m<sup>2</sup>/ha, respectivamente, en el caso de TIR7 lo hizo a los 2 años y en COR5 a los 3 años. MON recupera a los nueve años 1,5 m<sup>2</sup>/ha, LEG en diez



años es capaz de ganar los 0,4 m<sup>2</sup>/ha cosechados. Tanto TIR2 (2,2 m<sup>2</sup>/ha) como TIR4 (2,0 m<sup>2</sup>/ha) producen lo aprovechado en un tiempo de 11 y 13 años, respectivamente.

Cuadro 4. Tiempo de recuperación (años) del área basal con un dap  $\geq$  a 10 cm y con dap  $\geq$  al DMC para un aprovechamiento forestal en cada sitio por hectárea. Región Norte y Atlántica, Costa Rica.

Sitio (PPM)	Intens. de cosecha <sup>1</sup>	Tipo de bosque <sup>2</sup>	Área basal con un dap $\geq$ 10 cm para el total de las especies				Área basal con un dap $\geq$ al DMC (60 cm) para las especies comerciales			
			Antes del aprovech. (m <sup>2</sup> /ha)	Reducción (%)	Reducción (m <sup>2</sup> /ha)	Años para la recuperación	Antes del aprovech. (m <sup>2</sup> /ha)	Reducción (%)	Reducción (m <sup>2</sup> /ha)	Años para la recuperación
COR9	Baja	1	26,0	5,3	1,4	14	2,8	23,9	0,7	14 (2,2) <sup>3</sup>
TIR2	Baja	1	23,4	8,1	1,9	5	3,7	58,8	2,2	11
TIR4	Alta	1	26,4	17,7	4,8	14 (25,9) <sup>3</sup>	4,9	39,9	2,0	13
TIR1	Baja	1	21,7	6,6	1,4	8	4,6	34,5	1,6	13 (3,79) <sup>3</sup>
TIR6	Alta	1	23,4	10,6	2,5	13 (22,7) <sup>3</sup>	4,5	34,7	1,6	13 (4,12) <sup>3</sup>
TIR7	Baja	1	21,6	0,3	0,1	5	3,0	9,7	0,3	2
<b>Promedio</b>			<b>23,75</b>	<b>8,10</b>	<b>2,02</b>	<b>ND</b>	<b>3,92</b>	<b>33,58</b>	<b>1,40</b>	<b>ND</b>
COR5	Baja	3	24,4	2,7	0,7	4	7,4	2,8	0,2	3
COR6	Alta	3	31,0	25,5	7,9	14	10,0	46,5	4,7	14 (6,7) <sup>3</sup>
MON	Alta	3	29,8	27,0	8,0	10	6,0	24,2	1,5	9
LEG	Baja	3	29,1	6,1	1,8	3	3,7	12,1	0,4	10
<b>Promedio</b>			<b>28,58</b>	<b>15,33</b>	<b>4,60</b>	<b>ND</b>	<b>6,78</b>	<b>21,40</b>	<b>1,70</b>	<b>ND</b>
Promedio general			<b>25,7</b>	<b>11</b>	<b>3,05</b>	<b>7,9</b>	<b>5,1</b>	<b>28,7</b>	<b>1,5</b>	<b>8</b>

<sup>1</sup> = intensidad baja (< 10 %), intensidad alta (>10%)

<sup>2</sup> = tipo de bosque clasificados según metodología de Ramos (2004).

<sup>3</sup> = entre (\*) el área basal/ha, presentes en el último año de medición

Por tipo de bosque, se observó que al Bosque gavián-palmas le demandó  $10,5 \pm 1,8$  años en recuperar el área basal cosechada (árboles con un dap  $\geq$  a 10 cm) y para el Bosque caobilla-gavián fue de  $7,6 \pm 2,2$  años. En cuanto, a la recuperación de lo aprovechado (área basal de los árboles con un dap  $\geq$  al DMC) en el Bosque gavián-palmas, se dio a los  $12,8 \pm 2,0$  años y en el Bosque caobilla-gavián fue a los  $10,8 \pm 3,3$  años. Lo anterior demuestra una mayor capacidad de recuperación en el Bosque caobilla-gavián al compararlo con el Bosque gavián-palmas, donde para dos tipos de bosque se dio una relación positiva en la recuperación de ambas áreas basales, lo que establece la posibilidad de fijar el CCB y la nueva cosecha por debajo de CCN; esto sugiere, una disposición de valores iguales o mayores para la nueva cosecha (segunda) que la fijada por la primera intervención.

### 3.4.3 Recuperación del número de árboles

La otra variable que define el CCB es la recuperación en el número de árboles para un dap  $\geq$  a 10 cm y un dap  $\geq$  al DMC, que constituyen los candidatos de futura cosecha, así como los de

la nueva cosecha. Donde se observó que la recuperación en el número de árboles mantiene una relación similar a la del área basal para los diferentes sitios.

En todos los sitios, se redujo en promedio un 8,1%, lo que representa 36,7 árboles/ha del total de individuos con  $\text{dap} \geq 10$  cm, presentes antes del aprovechamiento y para los individuos con un  $\text{dap} \geq$  al DMC, el aprovechamiento disminuyó en promedio un 27% de los individuos con estos tamaños, lo que significó 4 árboles/ha. Lográndose una recuperación de los mismos en períodos que van de 2 hasta los 14 años, pero al igual que el área basal se da casos que aún no han podido llegar a los valores iniciales previos al aprovechamiento.

Cuadro 5. Tiempo de recuperación (años) del número de individuos con un  $\text{dap} \geq 10$  cm y con  $\text{dap} \geq$  al DMC para un aprovechamiento forestal en cada sitio por hectárea. Región Norte y Atlántica, Costa Rica.

Sitio (PPM)	Intens. de cosecha <sup>1</sup>	Tipo de bosque <sup>2</sup>	Número de árboles con un $\text{dap} \geq 10$ cm para el total de las especies				Número de árboles con un $\text{dap} \geq$ al DMC (60 cm) para las especies comerciales			
			Antes del aprovech. (N/ha)	Reducción (%)	Reducción (N/ha)	Años para la recuperación	Antes del aprovech. (N/ha)	Reducción (%)	Reducción (N/ha)	Años para la recuperación
COR9	Baja	1	501	5,4	27	14(449)	7,0	14,3	1	14 (6)
TIR2	Baja	1	505	3,4	17	8	8,0	62,5	5	6
TIR4	Alta	1	511	16,2	83	14 (446)	13,0	38,5	5	14
TIR1	Baja	1	465	5,8	27	12	11,0	27,3	3	13 (9)
TIR6	Alta	1	547	7,3	40	13 (483)	12,0	33,3	4	13 (10)
TIR7	Baja	1	473	3,4	16	12	8,0	12,5	1	2
<b>Promedio</b>			<b>500</b>	<b>6,92</b>	<b>35,</b>	<b>ND</b>	<b>9,83</b>	<b>31,40</b>	<b>3,17</b>	<b>ND</b>
COR5	Baja	3	369	3,8	14	14(334) <sup>3</sup>	18,0	5,6	1	4
COR6	Alta	3	431	11,4	49	4	23,0	47,8	11	14 (17)
MON	Alta	3	406	20,7	84	5	15,0	20,0	3	9
LEG	Baja	3	286	3,5	10	2	10,0	10,0	1	11
<b>Promedio</b>			<b>373</b>	<b>9,85</b>	<b>39,2</b>	<b>ND</b>	<b>16,50</b>	<b>20,85</b>	<b>4,00</b>	<b>ND</b>
<b>Promedio general</b>			<b>449,40</b>	<b>8,09</b>	<b>36,70</b>	<b>ND</b>	<b>12,50</b>	<b>27,18</b>	<b>3,50</b>	<b>ND</b>

<sup>1</sup> = intensidad baja (<10 %), intensidad alta (>10%)

<sup>2</sup> = tipo de bosque clasificados según metodología de Ramos (2004)

<sup>3</sup> = entre (\*) el número de árboles/ha, presentes en el último año de medición

Por otra parte, se observa que COR6 reportó la mayor capacidad de recuperación en el número de árboles/ha para un  $\text{dap} \geq 10$  cm (Cuadro 4), con 49 árboles/ha, en un período de cuatro años. En lo que respecta al  $\text{dap} \geq$  al DMC, COR6 no recuperó los 11 árboles/ha (46,8%) cosechados a los 14 años de medición y solo pone a disposición 5 árboles/ha; no obstante, con esta alta capacidad de recuperación es posible que recupere pronto los restantes 6 árboles/ha y que asegure la sostenibilidad de la producción forestal en nuevas cosechas, pero en un CC

mayor que los 15 años establecidos por la norma. A pesar de esto, estos 5 árboles/ha recuperados en 14 años, no llegan a convertirse en una limitante para la nueva cosecha, ya que el promedio de individuos cosechados y permitidos en el país es de 3 o 4 árboles/ha lo que se encuentra por debajo del valor de recuperación para este sitio. Todo esto sugiere que se debe homogenizar la cosecha en todo el bosque productor y evitar a toda costa sobrepasar el promedio permitido en partes específicas del mismo.

Los sitios que son capaces de recuperar ambos valores en el número de árboles ( $dap \geq a 10 \text{ cm}$  y  $dap \geq \text{al DMC}$ ), son TIR2 -que es el de mayor intensidad de aprovechamiento con un 62,5% y que a los seis años recuperó los 5 árboles/ha cosechados con un  $dap \geq \text{al DMC}$ , para un  $dap \geq a 10 \text{ cm}$  la intensidad de cosecha fue 17 árboles/ha los que fueron producidos a los ocho años de medición después del aprovechamiento. De igual manera, TIR7, MON y LEG, logran recuperar ambos valores en un período que va de los 2 a los 12 años. Mientras tanto, COR9, TIR1 y TIR6 se encuentran muy cerca de recuperar los árboles cosechados para un  $dap \geq \text{al DMC}$ , ya que les falta solamente 1, 2 y 2 árboles/ha, respectivamente.

Por tipo de bosque, se determinó que el Bosque caobilla-gavilán no fue capaz de recuperar en todos los sitios el número de individuos aprovechados para un  $dap \geq \text{al DMC}$  o para un  $dap \geq a 10 \text{ cm}$ , pero es capaz de recuperar ambos valores en un 75% de los casos. No obstante, en el caso del sitio con la más alta cosecha (11 árboles/ha) se dio una recuperación de 6 árboles/ha, que se encuentra 2 árboles/ha por encima de los 4 árboles/ha que en promedio fueron aprovechados en este tipo de bosque. De igual forma, para el bosque gavilán-palmas, no se dio la recuperación, en todos casos, de los valores iniciales en el número de árboles por hectárea para un  $dap \geq \text{al DMC}$  presentes antes del aprovechamiento; sin embargo, fue capaz de producir en promedio unos 2,7 árboles/ha durante 11 años de observación, que se encuentra muy cerca del promedio de 3 árboles/ha cosechados en este bosque y se encuentra, a uno ó dos árboles/ha para alcanzar los valores observados antes del aprovechamiento.

### **3.5. Criterio de selección para la determinación del ciclo de corta biológico**

No obstante, aunque se da una recuperación positiva del área basal es necesario confrontarla con el comportamiento del número de árboles para cada caso, ya que la identificación de una relación positiva y una combinación entre ambos valores permitirían definir un criterio más

adecuado para fijar el CCB y con esto la nueva tasa de cosecha. Entonces, es posible que se de una serie de combinaciones (para el  $dap \geq$  al DMC) como:

- i) que se dé la recuperación más temprana del área basal con respecto a la del número de árboles, tal es el caso de TIR4, donde la recuperación en el número de árboles (15 años) se da dos años después que la del área basal (13 años);
- ii) que se dé la recuperación primero del número de árboles y luego el área basal, como en TIR2 que a los seis años recupera el número de individuos y cinco años después, el área basal (11 años).

El nuevo ciclo de corta puede definirse de acuerdo al momento en que se dé la recuperación del área basal o el número de árboles cosechados, o en el mejor de los casos cuando ambas variables hayan logrado recuperarse de lo cosechado por el aprovechamiento. La recuperación de ambas variables es posible en COR5 a los cuatro años, en TIR7 a los dos años y en MON a los nueve años de observación. Esto sugiere ciclos de corta que pueden ser tan cortos como dos años, como en el caso de TIR7 que recupera el área basal y el número de individuos aprovechados en ese tiempo. Para estos sitios que recuperan en corto tiempo los valores iniciales de ambas variables, evidencian que para un CCN dispondrán de una mayor cantidad de volúmenes comerciales para la nueva cosecha. Se destacan, COR5 que a los 14 años de observación con 8,9 m<sup>2</sup>/ha reportó 1 m<sup>2</sup>/ha, más que el valor presente antes del aprovechamiento que fue de 7,9 m<sup>2</sup>/ha, y en número de árboles, significó 3 árboles/ha mayor para la nueva cosecha (9 árboles/ha) que el número de árboles disponibles en la primera cosecha (6 árboles/ha).

Al definir la combinación de la recuperación del área basal y el número de árboles como criterio de apoyo para precisar la duración del ciclo de corta, es necesario recalcar la recuperación en todos los casos de al menos una de estas dos variables dasométricas; y como anteriormente se mencionó, existen diferencias en los momentos (años) en que una variable se recupera con respecto a la otra, por lo que como principio de sostenibilidad se seleccionó el año mayor en que se recupera la última variable, como el año que define el CCB. Para definir este CCB se eliminó la variable “recuperación del número de individuos con  $dap \geq$  a 10 cm”, ya que no es un indicador utilizado para demostrar estabilidad o equilibrio, como sí lo es el área basal con un  $dap \geq$  a 10 cm, que es el valor que corresponde al área basal máxima o limitante de acuerdo al tipo de bosque, que en conjunto con la recuperación del área basal y el

número de individuos con un dap  $\geq$  al DMC son los tres indicadores que definen el CCS y la nueva posibilidad de corta.

Cuadro 6. Ciclo de corta biológico (CCB) de acuerdo al criterio de combinación de recuperación para un dap  $\geq$  a 10 cm y un dap  $\geq$  al DMC para un aprovechamiento forestal en cada sitio por hectárea. Región Norte y Atlántica, Costa Rica.

Sitio	Intensidad de cosecha <sup>1</sup>	Tipo de bosque <sup>2</sup>	Tiempo de Recuperación (años)				CCS (años)
			Área basal (m <sup>2</sup> /ha)		Número de individuos (N/ha)		
			dap $\geq$ 10 cm de todas las especies	dap $\geq$ al DMC de las especies comerciales	dap $\geq$ 10 cm de todas las especies	dap $\geq$ al DMC de las especies comerciales	
COR5	Baja	3	4	3	14(-35) <sup>3</sup>	4	4
COR6	Alta	3	14	14 (-3,3) <sup>3</sup>	4	14 (-6) <sup>3</sup>	15 <sup>3</sup>
MON	Alta	3	10	9	5	9	10
LEG	Baja	3	3	10	2	11	11
<b>Promedio</b>			<b>7,8</b>	<b>9,3</b>	<b>6,5</b>	<b>9,8</b>	<b>10,0</b>
COR9	Baja	1	14	14 (-0,59) <sup>3</sup>	14(-52) <sup>3</sup>	14 (-1) <sup>3</sup>	15 <sup>3</sup>
TIR2	Baja	1	5	11	8	6	11
TIR4	Alta	1	14 (0,5) <sup>3</sup>	13	14 (-65) <sup>3</sup>	14	14
TIR1	Baja	1	8	13 (-0,79) <sup>3</sup>	12	13 (-2) <sup>3</sup>	15 <sup>3</sup>
TIR6	Alta	1	13 (-0,7) <sup>3</sup>	13 (-0,38) <sup>3</sup>	13 (-64) <sup>3</sup>	13 (-2) <sup>3</sup>	15 <sup>3</sup>
TIR7	Baja	1	5	2	12	2	12
<b>Promedio</b>			<b>10,3</b>	<b>11,8</b>	<b>12,8</b>	<b>11,2</b>	<b>13,7</b>

<sup>1</sup> = intensidad baja (<10 %), intensidad alta (>10%)

<sup>2</sup> = tipo de bosque clasificados según metodología de Ramos (2004)

<sup>3</sup> = entre (\*) el área basal o número de árboles faltantes para igual el valor pre-aprovechamiento y se sustituye por 15 años (CCN) para el cálculo del promedio de demanda en años

En cuanto al tipo de bosque (Cuadro 6), el Bosque caobilla-gavilán presentó un CCB promedio de diez años y para el Bosque gavilán-palmas este valor fue de 13,7 años al considerar la edad máxima en que se recuperó el último indicador como la edad que define el CCB y en aquellos en que no se ha podido recuperar, se sustituye por el CCN de 15 años. Estos valores indican que para estos tipos de bosque y de acuerdo al tipo de manejo dado, el CCB se está dando más temprano que el CCN y que para la nueva cosecha se dispondrá de mayores volúmenes que los cosechados en la primera oportunidad, de acuerdo a esta evidencia es posible fijar nuevas cosechas sostenibles a edades más tempranas. No obstante, debido a

que en algunos casos no se ha podido recuperar los valores de pre-aprovechamiento, estos valores deben tomarse con cierta cautela y con las previsiones del caso.

### 3.5.1 Determinación del ciclo de corta biológico de acuerdo al crecimiento a partir de umbrales mínimos

El tipo de aprovechamiento, las tasas de crecimiento o tasas de recuperación y la intensidad de cosecha son los factores más destacados del manejo que influyen en la recuperación del área basal post-aprovechamiento en los bosques tropicales. Dauber (2003) menciona que en simulaciones de bosques en Bolivia, no es muy realista pensar que se dé una sustitución total del área basal original aprovechada con los ciclos de corta y los DMC utilizados en el manejo forestal de ese país. A pesar de esto, Fredericksen (2003) recalca que para la definición de los ciclos de corta en estos bosques, se ha utilizado modelos que pueden sobreestimar los ciclos de corta en la escala de todo un bosque. En consideración a lo anterior, es que se plantea el segundo principio de sostenibilidad como alternativa para definir el CCB, el cual consiste en aprovechar sólo lo que crece el bosque por encima de un límite o umbral mínimo del área basal post aprovechamiento (UMA), definido a partir de un  $dap \geq 10$  cm o de un  $dap \geq$  al DMC, este principio plantea la posibilidad de nueva cosecha en el momento en que se dé un excedente por encima del UMA. Este UMA se define para cada tipo de bosque según clasificación por tipos de bosque de Ramos (2004) y corresponde al promedio del área basal o el número de individuos residuales o remanentes después del aprovechamiento.

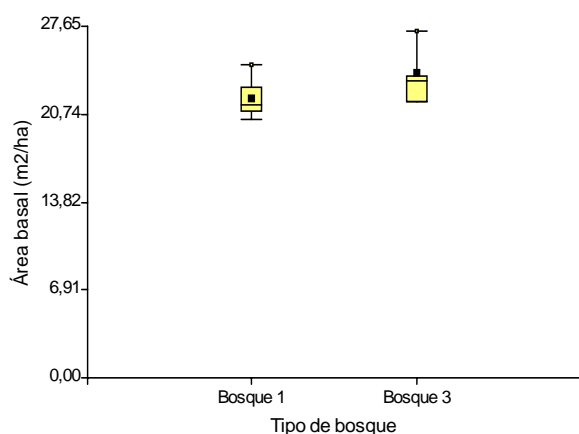


Figura 6. Determinación del UM a partir de un  $dap \geq 10$  cm para todas las especies por tipo de bosque. Región Huetar Norte, Costa Rica.

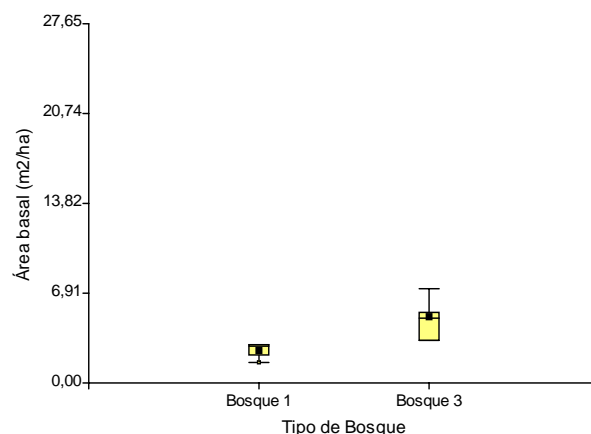


Figura 7. Determinación del UM a partir de un  $dap \geq$  al DMC 60 cm) para las especies comerciales por tipo de bosque. Región Huetar Norte, Costa Rica.

Para el bosque gavilán-palmas el UMA a partir de un  $dap \geq 10$  cm se fijó en  $21,93 \pm 1,55$   $m^2/ha$  y para el bosque caobilla-gavilán en  $23,95 \pm 2,39$   $m^2/ha$  (Figura 6); por otra parte, el UMA para un  $dap \geq$  al DMC fue de  $2,54 \pm 0,60$   $m^2/ha$  para el bosque gavilán-palmas y de  $5,10 \pm 1,66$   $m^2/ha$  para el bosque caobilla-gavilán (Figura 7).

La evolución del área basal a partir del UMA definido por tipo de bosque, para un  $dap \geq$  al DMC, en el Bosque caobilla-gavilán (Figura 8), se encontró que COR tuvo una intensidad de aprovechamiento promedio de un 14% ( $4,3$   $m^2/ha$ ), no obstante, este sitio mantiene siempre un excedente sobre el UMA lo que plantea la posibilidad de una nueva cosecha en cualquier momento durante el CCN; para MON lo aprovechado fue de un 24% ( $1,5$   $m^2/ha$ ) y es capaz de superar a los siete años el UMA, manteniendo una tendencia positiva hasta igualar a los ocho años el valor pre-aprovechamiento de  $7,43$   $m^2/ha$ . Es importante recalcar que a partir de este momento se da una mayor disponibilidad de área basal comercial, lo que pone de manifiesto mayores valores para una nueva intervención forestal. Por el contrario, LEG nunca llega -en los once años de mediciones- a superar el UMA y no cumple con el principio de cosechar el excedente del UMA, lo que rechaza la posibilidad de una nueva cosecha en este sitio para el plazo fijado por las normas.

En cuanto a los sitios del Bosques tipo 1 (Figura 9), se encontró que TIR tuvo un 36% ( $1,56$   $m^2/ha$ ) de intensidad promedio de aprovechamiento y la recuperación comienza a ser positiva a partir del año uno, momento en que empieza a establecer un excedente por encima del UMA, manteniendo esta tendencia hasta el año 13, momento en que se iguala al área basal inicial pre-aprovechamiento ( $4,15$   $m^2/ha$ ), por lo que, en este caso, el ciclo de corta no debería ser mayor de los 13 años. Para COR9 la reducción por el aprovechamiento fue de un 5,3% ( $1,4$   $m^2/ha$ ) originando que el área basal remanente ( $2,1$   $m^2/ha$ ) se encuentre por debajo del UMA durante el período de medición de 14 años. En este caso el ciclo de corta será mayor a los 15 años definidos por la norma, ya que durante este período no se da ningún excedente de volumen para una nueva cosecha.

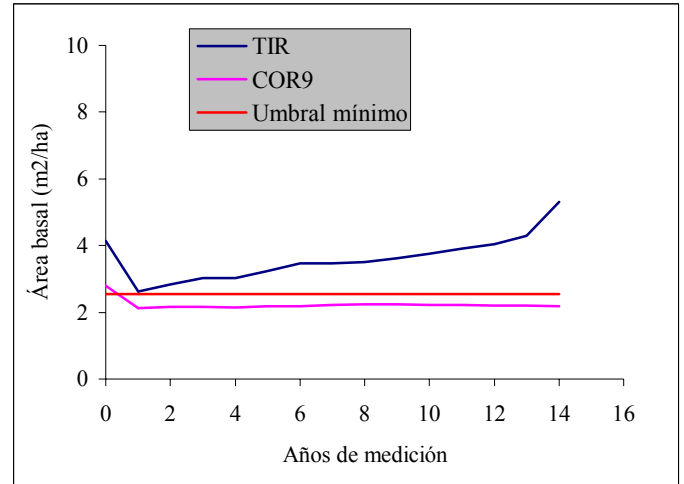
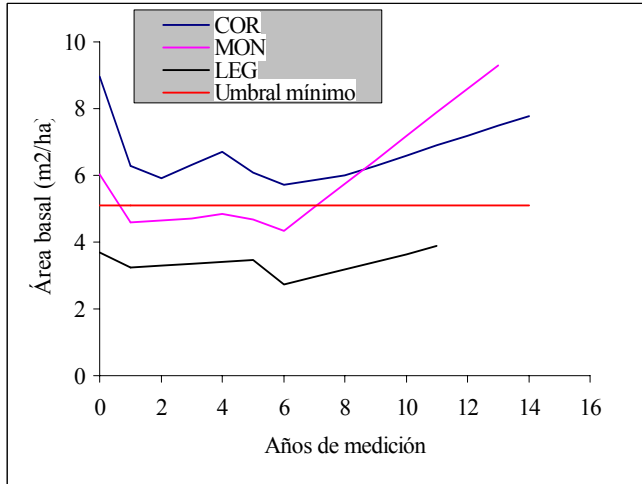


Figura 8. Recuperación del área basal (m<sup>2</sup>/ha) con un dap  $\geq$  al DMC (60 cm) por sitio a partir del umbral mínimo bosque caobilla-gavilán. Región Huetar Norte y Atlántica, Costa Rica

Figura 9. Recuperación del área basal (m<sup>2</sup>/ha) con un dap  $\geq$  al DMC (60 cm) por sitio a partir del umbral mínimo bosque gavilán-palmas Región Huetar Norte y Atlántica, Costa Rica

Aunque el criterio para definir el ciclo de corta es el de cosechar solamente lo que crece el bosque por encima del umbral mínimo, es importante mencionar que la nueva cosecha estará determinada por la disponibilidad o no de nuevos individuos a partir del DMC; por esto se hace necesario la combinación de ambas variables que identifican los momentos en que ocurren estos excedentes. Con relación a lo anterior, fue necesario definir un umbral mínimo de individuos (UMI) aceptado por tipo de bosque, que al igual que el UMA fue calculado de acuerdo al promedio de los árboles remanentes post-aprovechamiento.

El Bosque caobilla-gavilán (Figura 10) presentó un UMI de  $12,5 \pm 3,32$  árboles/ha y una intensidad de corta de un 24% (4 árboles/ha); el Bosque gavilán-palmas (Figura 11), reportó  $6,7 \pm 1,97$  árboles/ha como UMI, con un 32% (3,2 árboles/ha) de intensidad de reducción. La recuperación en el número de árboles mantiene una tendencia similar a la mostrada por la recuperación del área basal.

La oportunidad de una nueva cosecha en el caso de que se dé un excedente sobre el UMA, se encuentra asociada al criterio de que al menos se recupere un individuo durante el CCN; es así como para el Bosque caobilla-gavilán, esta condición en MON ocurrió a los ocho años de observación, ya que se dio tanto la recuperación de 1,7 árboles/ha y como los 0,7 m<sup>2</sup>/ha del área basal cosechada, en contraste LEG, no es capaz de superar en los once años de mediciones ninguno de los dos umbrales (UMA y UMI) lo que cierra la oportunidad de una nueva cosecha. Por otra parte, COR se mantuvo siempre por arriba de los umbrales definidos



para el Bosque caobilla-gavilán, lo que mantiene abierta la posibilidad de una nueva cosecha en el plazo de 15 años fijado por la norma. En el Bosque gavilán-palmas, COR9 no es capaz de recuperar un árbol cosechado por hectárea, lo que representó 2,02 m<sup>2</sup>/ha, ya que mantiene constante el mismo número de individuos en los 14 años de mediciones; para el caso de TIR a los seis años produce los 1,14 árbol/ha y los 0,51 m<sup>2</sup>/ha, cosechado por el aprovechamiento.

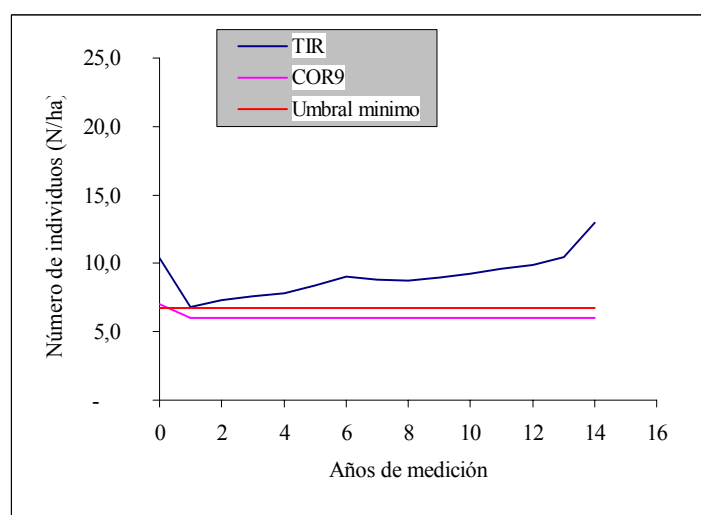
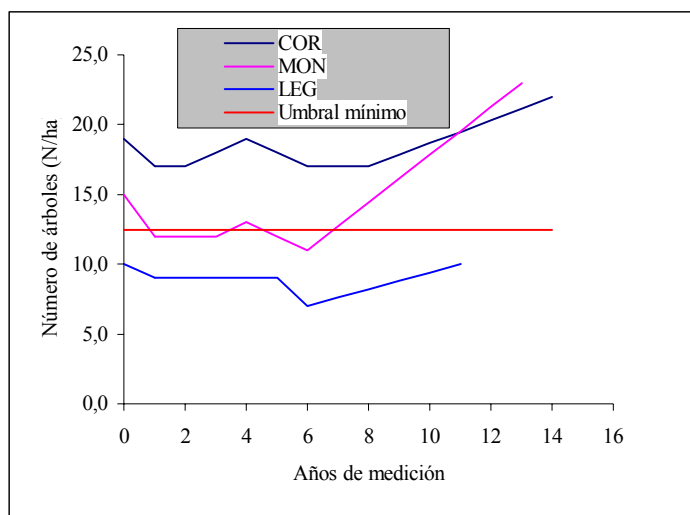


Figura 10. Recuperación del número de individuos (N/ha) con un  $dap \geq$  al DMC por sitio a partir del umbral mínimo. Bosque caobilla-gavilán. Región Huetar Norte y Atlántica, Costa Rica.  
 Figura 11. Recuperación del número de individuos (N/ha) con un  $dap \geq$  DMC por sitio a partir del umbral mínimo. Bosque gavilán-palmas Región Huetar Norte y Atlántica, Costa Rica.

Al seleccionar la combinación de los excedentes en el área basal y el número de individuos por encima del umbral mínimo para cada variable como criterio para la determinación del CCS, se obtuvo que para el Bosque caobilla-gavilán fue de ocho años –como mínimo-, aunque para COR en el momento de la primera cosecha la intensidad de aprovechamiento fue muy baja, por lo que siempre se encuentra por encima del umbral mínimo, abriendo la posibilidad de fijar en cualquier momento una nueva cosecha; caso contrario ocurrió con LEG que nunca pudo superar los umbrales mínimos, fijándose entonces un CCB que se encuentra por encima de los 15 años. En el Bosque gavilán-palmas, se puede determinar como mínimo un CCB a los seis años (TIR). No obstante, es necesario mencionar que la verdadera posibilidad de una nueva cosecha se establecerá con base en la combinación del CCB, la rentabilidad económica, la recuperación aceptable de la composición florística y la aceptación social del manejo, aspectos que serán analizados en otras secciones de este trabajo.

### 3.6. Sostenibilidad en futuras cosechas

Silviculturalmente el crecimiento de un árbol se ve reflejado en el aumento de su tamaño a lo largo del tiempo, que se puede expresar en términos del diámetro, altura, área basal o volumen; y es el principal proceso que se busca influir con la silvicultura pues conduce al producto deseado: madera de ciertas dimensiones y de cierta calidad (Louman et ál. 2001). Por otra parte, se busca potencializar el crecimiento de las especies de mayor interés comercial. Según Wadsworth (2000) la clave en la producción forestal no se debe centrar tanto en el ecosistema, sino en el crecimiento del árbol y de las especies de interés, ya que en la medida en que se favorezca el incremento de los árboles, también se contribuirá con el crecimiento del bosque. Es importante recalcar que el mantener a toda costa la estructura del bosque, previa al aprovechamiento, en rodales individuales no deberá ser la meta uniforme del manejo forestal ambientalmente benéfico (Fredericksen 1998). Es necesario definir el nivel permisible de perturbación que permita mantener las especies de importancia para el manejo, ya que la filosofía del manejo silvicultural es favorecer el establecimiento de especies de interés comercial.

La sostenibilidad en las futuras cosechas estará definida por la composición, la capacidad en la regeneración y el establecimiento de las especies de interés comercial para cada tipo de bosque. Es por esto, que la evolución de la recuperación del área basal o del número de individuos comerciales con un dap  $\geq$  a 10 cm debe ser un indicador ecológicamente aceptado para asegurar cosechas sostenibles. Con relación a lo anterior, cabe mencionar que a excepción de COR9 en el Bosque gavilán-palmas y de COR en el Bosque caobilla-gavilán, el resto de los sitios –sin importar el tipo de bosque- reportaron en el último año de medición mayores valores de área basal que la presentada momentos antes del aprovechamiento.

En el Bosque caobilla-gavilán (Cuadro 7), MON dispone en el año 13 (último año) de medición 4,3 m<sup>2</sup>/ha más de área basal comercial que la observada antes del aprovechamiento (18,9 m<sup>2</sup>/ha) y en LEG la disponibilidad del área basal comercial en el último año de medición fue de 0,5 m<sup>2</sup>/ha en comparación al año inicial, estos valores reflejan que estos sitios fueron capaces de recuperar lo cosechado y que dispondrán de mayores cantidades de volumen para las futuras cosechas. No obstante, COR no es capaz de recuperar el área basal cosechada en 14 años de mediciones, pero se encuentra a 0,4 m<sup>2</sup>/ha para igual el valor pre-aprovechamiento (20,5 m<sup>2</sup>/ha). Para el Bosque gavilán-palmas, COR9 no fue capaz de superar el valor pre-

aprovechamiento en 14 años de observación; no obstante se encuentra muy cerca (0,1 m<sup>2</sup>/ha) de lograrlo; en contraste TIR al momento de la última medición dispuso de 3,4 m<sup>2</sup>/ha más que el valor pre-aprovechamiento (14,5 m<sup>2</sup>/ha).

Cuadro 7. Recuperación del área basal comercial (m<sup>2</sup>/ha) para un dap ≥ a 10 cm a partir de un aprovechamiento de bosque natural para dos tipos de bosques en cuatro diferentes sitios. Región Norte y Atlántica, Costa Rica.

Tipo de bosque	bosque caobilla-gavilán			bosque gavilán-palmas	
Años	Área basal (dap ≥ a 10 cm) para especies comerciales (m <sup>2</sup> /ha)				
	Corinto	La Montura	La Legua	Corinto	Tirimbina
<b>0*</b>	20,5	18,9	8,0	16,0	14,5
<b>1</b>	17,5	16,6	7,4	15,1	12,8
<b>2</b>	16,9	17,2	7,6	14,7	13,1
<b>3</b>	17,5	17,7	7,8	14,5	13,3
<b>4</b>	18,1	18,0	8,0	14,6	13,4
<b>5</b>	18,0	18,1	8,1	14,8	13,8
<b>6</b>	17,9	18,1	7,5	15,0	14,2
<b>7</b>	18,2	18,8	7,7	15,1	14,5
<b>8</b>	18,5	19,6	7,9	15,2	14,8
<b>9</b>	18,8	20,3	8,0	15,3	15,1
<b>10</b>	19,0	21,0	8,2	15,4	15,4
<b>11</b>	19,3	21,7	8,4	15,6	15,7
<b>12</b>	19,6	22,5		15,7	16,0
<b>13</b>	19,8	23,2		15,8	16,4
<b>14</b>	20,1			15,9	17,9
<b>Diferencia de disponibilidad (Área basal último año - Área basal antes del aprovechamiento)</b>	<b>-0,4</b>	<b>4,3</b>	<b>0,5</b>	<b>-0,1</b>	<b>3,4</b>

\*= año del aprovechamiento forestal

Los mayores valores del área basal comercial disponibles en los últimos años de observación, confirman el papel positivo que tiene la aplicación de tratamientos silviculturales que promueven el establecimiento de las especies de interés para el manejo, ya que el volumen aprovechable del tercer y cuarto aprovechamiento dependerá principalmente de la nueva regeneración (plántulas y brinzales) y de su consiguiente supervivencia y crecimiento, de ahí la importancia de adecuar los sistemas silviculturales para cada caso en particular.

El Bosque caobilla-gavilán (Figura 12) fue capaz de recuperar la mayor intensidad de cosecha (5,2 m<sup>2</sup>/ha) en unos 16 años después del aprovechamiento; en el Bosque gavilán-palmas

(Figura 13) la mayor intensidad de cosecha reportada en estos sitios fue de 4 m<sup>2</sup>/ha, que le demandó 14 años para lograr su recuperación.

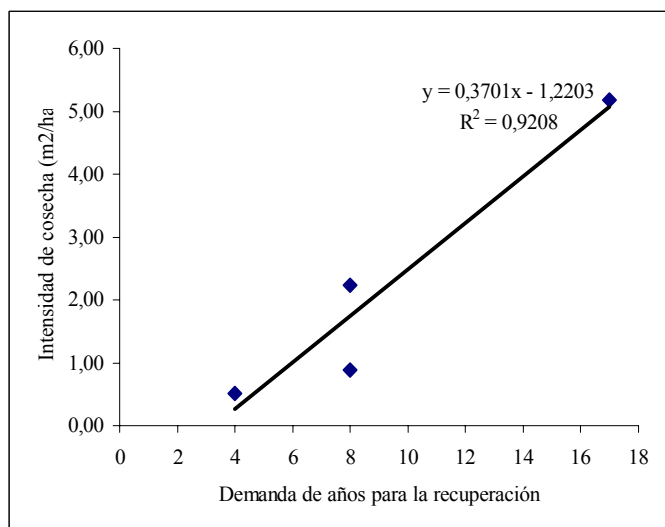


Figura 12. Recuperación del área basal cosechada por el aprovechamiento para los árboles comerciales con un dap  $\geq$  a 10 cm, en el bosque caobilla-gavilán. Región Huetar Norte y Atlántica, Costa Rica.

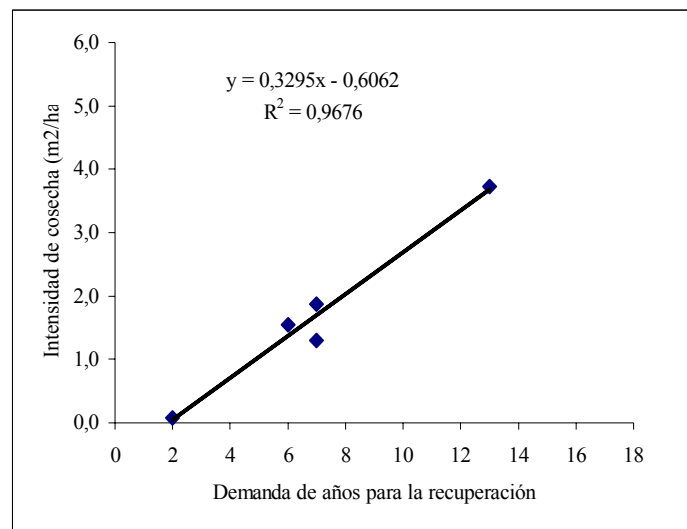


Figura 13. Recuperación del área basal cosechada por el aprovechamiento para los árboles comerciales con un dap  $\geq$  a 10 cm, en el bosque gavilán-palmas. Región Huetar Norte y Atlántica, Costa Rica.

En general, se observa que estos parámetros de recuperación de los valores cosechados son indicadores de que el manejo forestal llega a ser sostenible en la medida en que se apliquen criterios de cosecha de acuerdo a cada tipo de bosque y como lo menciona Valerio (1996) en la mayoría de los casos en los que no se ha logrado éxito en la producción sostenible de madera en el trópico se debe, más por causas de orden económico, político o social que a desaciertos silviculturales o limitaciones ecológicas. Donde se ha visto que los sistemas selectivos de aprovechamiento de baja intensidad mantienen un alto grado de cobertura boscosa y proporcionan simultáneamente un flujo sostenible de madera aprovechable (Fredericksen 1998) con altas tasas de recuperación.

#### 4. CONCLUSIONES

- Al Bosque gavián-palmas le demandó  $10,5 \pm 1,8$  años en recuperar el área basal cosechada (árboles con un dap  $\geq$  a 10 cm) y al Bosque caobilla-gavián,  $7,6 \pm 2,2$  años. En cuanto, a la recuperación de lo aprovechado (área basal de los árboles con un dap  $\geq$  al DMC) en el Bosque gavián-palmas esto se dio a los  $12,8 \pm 2,0$  años y en el Bosque caobilla-gavián, a los  $10,8 \pm 3,3$  años; lo que establece la posibilidad de fijar la nueva cosecha y el CCB por debajo de CCN fijado en 15 años.
- La recuperación del área basal cosechado (árboles con un dap  $\geq$  10 cm) en los sitios de intensidad de baja, de acuerdo a un nivel de confianza del 95%, varió de 3,9 años hasta los 9,4 años y con una demanda promedio de  $6,54 \pm 1,5$  años. En los de alta cosecha el tiempo promedio en recuperar lo cosechado fue de  $13,8 \pm 1,1$  años, con un intervalo que va de los 10,8 años a los 15,4 años. Para la masa forestal con un diámetro  $\geq$  al DMC, se demoró en promedio  $10,2 \pm 2,3$  años en recuperar lo aprovechado, en los sitios de intensidad baja y en los de intensidad alta, le demandó  $14,4 \pm 2,3$  años.
- La producción forestal vista como la capacidad de crecimiento neto se potencializa en los sitios con intensidades altas de cosecha y se manifiesta en mayor cantidad de área basal comercial para un Ciclo de Corta; ya que en 15 años son capaces de producir, en promedio,  $8,25 \text{ m}^2/\text{ha}$ , superando en  $2,4 \text{ m}^2/\text{ha}$  a los de intensidades bajas ( $5,85 \text{ m}^2/\text{ha}$ ).
- La capacidad de producción entre los sitios de intensidad baja y los testigos para un CCN, mostraron una diferencia promedio de  $0,45 \text{ m}^2/\text{ha}$  del área basal comercial, esto sugiere que la respuesta del crecimiento neto de los bosques a intensidades bajas de cosecha llegan a igualarse a bosques no disturbados, por lo que el catalizador para un mayor crecimiento se debe fijar por encima del 10% de reducción del área basal comercial  $\geq$  a 10 cm de dap.
- La producción forestal media anual entre sitios mostró diferencias significativas ( $P = 0,01$ ) demostrando capacidades propias para cada sitio; que para La Montura fue de  $0,75 \text{ m}^2/\text{ha} \cdot \text{año}$ , mostrando crecimientos mayores con respecto a Corinto, La Tirimbina y La Legua. Donde, la mayor diferencia se dio entre La Montura ( $0,75 \text{ m}^2/\text{ha} \cdot \text{año}$ ) y La Legua ( $0,18 \text{ m}^2/\text{ha} \cdot \text{año}$ ), con  $0,57 \text{ m}^2/\text{ha} \cdot \text{año}$ , que proyectado para un CC de 15 años significaría una disponibilidad de  $8,55 \text{ m}^2/\text{ha}$  o un 76% más de crecimiento para La Montura.

- Los valores del Umbral Mínimo (UMA) en el Bosque gavián-palmas se fijó en  $21,93 \pm 1,55 \text{ m}^2/\text{ha}$  y para el Bosque caobilla-gavián en  $23,95 \pm 2,39 \text{ m}^2/\text{ha}$ , los cuales se encuentran por encima al recomendado en el nuevo estándar de sostenibilidad que establece un Valor de Referencia Mínimo del área basal de los árboles con un dap  $\geq$  a 10 cm de  $15 \text{ m}^2/\text{ha}$ .

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- Alder, D. 1996. Models for basal area dynamics of mixed tropical forest: Neo-tropical experience and prospects for application in Ghana. Kumasi Conference: Growth studies in tropical moist forests of Africa. 12 th 21 November. Forest Research Institute of Ghana. Kumasi.
- BOLFOR. 2003. Ciclos de Corta en Bosques Tropicales de Bolivia: Opciones basadas en Investigación sobre Manejo Forestal. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 27 p.
- Campos, J; Camacho, M; Villalobos, R; Rodríguez, C; Gómez, M. 2001. La tala Ilegal en Costa Rica: un análisis para la discusión. Informe elaborado por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, CR.
- Dauber, E. 2003. Modelo de simulación para evaluar las posibilidades de cosecha en el primer y segundo ciclo de corta en bosques tropicales de Bolivia. BoLfor, Santa Cruz, BO. 42 p.
- Dixon, J; Scura, L; Carpeter, R; Sherman, P. 1998. Análisis económico de impactos ambientales. 2 ed. CATIE, Turrialba, CR. 249 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la Alimentación, IT). 2002. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2000: informe principal. Roma, IT. 468p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la Alimentación, IT). 2005. Situación de los bosques del mundo. Roma, IT. 153 p.
- Finegan, B; Camacho, M. 1998. Stand dynamics in a caged and silviculturally treated Costa Rican rain forest, 1988- 1996. *Forest Ecology and Management* 121:177-189
- Fredericksen, T. 2003. Ciclos de Corta en Bosques Tropicales de Bolivia: Opciones basadas en investigación sobre Manejo Forestal Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. Trad. D Nash. BOLFOR, BO. 27 p.
- Gallo, M. 1999. Identificación de tipos de bosques primarios en la Zona Norte de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 60 p.
- Hartshorn, G. 2003. La importancia de manejar los bosques tropicales en América Latina *In Memoria especies Forestales Nativas*. INISEFOR. Heredia, Costa Rica. 156 pp.
- Kishor, N.M; Constantino, L.F. 1993. Forest management and competing land users: an economic analysis for Costa Rica. The World Bank. 30 p. (LATEN Dissemination note N° 7 )
- Louman, B. 2001. Sistemas silviculturales *In Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central*. Eds. B. Louman; D. Quirós; M. Nilsson. Turrialba, CR, CATIE. p. 79-130 (Serie técnica manual técnico N° 46)
- Méndez, J; Solano, G. 1998. Estructura horizontal de bosques húmedos tropicales, en la Zona Norte de Costa Rica. Ciudad Quesada, CR, CODEFORSA. 27 p. (Colección Técnica de Manejo de Bosque Natural no. 14).
- Moscovich, F. 2004. Modelos de crecimiento y producción forestal. INTA. Montecarlo-Misiones, Argentina. 39 p. (Informe Técnico N° 55).

- Navarro, G. 2004. Planificación del manejo diversificado de bosques latifoliados húmedos tropicales. CATIE, Turrialba, CR. p. 191-193
- Neeff, T; Santos, J. R. 2004. A growth model for secondary forest in Central Amazonia. *Forest Ecology and Management* May 2005:1-13.
- Pérez, T. 2006. Estudio de condiciones para nuevas cosechas en bosques naturales en la zona Norte de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 134 p.
- Quirós, D. Tratamientos silviculturales *In* Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. Eds. B. Louman; D. Quirós; M. Nilsson. Turrialba, CR, CATIE. p. 131-155 (Serie técnica manual técnico N° 46)
- Ramírez, H; Ablan, M; Torres, A; Acevedo, M. 2006. Simulación de la dinámica de un bosque tropical en los Llanos Occidentales de Venezuela. *Interciencia* 31(2):101-109.
- Ramos, Z. 2004. Estructura y Composición de un paisaje boscoso fragmentado: Herramienta para el diseño de estrategias de conservación de la biodiversidad. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 113 p.
- Ramos Bendaña, Z.S. y Finegan, B. 2006. Red ecológica de conectividad potencial: estrategia para el manejo del paisaje en el Corredor Biológico San Juan - La Selva. *Recursos Naturales y Ambiente* no. 49 (En prensa)
- Vanclay, J. 1992. Assessing Site productivity in tropical moist forest: a review. *Ecology and Management* (54) 257-287
- Wadsworth, F. 2000. Producción Forestal para América Tropical. Departamento de Agricultura de los EE.UU. Washington, DC. 563 p.



Anexo 1. Estimación de intervalos de confianza (bootstrap para un nivel de confianza de 95%) para la demanda de tiempo en la recuperación del área basal por intensidad de cosecha y por tipo de bosque.

1.1 Intervalos de confianza para árboles con un dap > 10 cm

a) Intensidad de cosecha por tipo de bosque

int	TB	Variable	Parámetro	Estimación	E.E.	n	LI(95%)	LS(95%)
Alta	1,00	Tiempo	Media	15,50	0,36	2	15,00	15,95
Alta	3,00	Tiempo	Media	11,99	1,45	2	10,00	13,81
Baja	1,00	Tiempo	Media	7,90	1,77	4	5,00	11,54
Baja	3,00	Tiempo	Media	3,50	0,36	2	3,00	3,95

b) Tipo de bosque

TB	Variable	Parámetro	Estimación	E.E.	n	LI(95%)	LS(95%)
1,00	Tiempo	Media	10,49	1,81	6	7,13	13,79
3,00	Tiempo	Media	7,65	2,20	4	3,33	11,86

1.2 Intervalos de confianza para árboles con un dap > 60 cm

a) Intensidad de cosecha por tipo de bosque

TB	int	Variable	Parámetro	Estimación	E.E.	n	LI(95%)	LS(95%)
1,00	Alta	TiempoC	Media	13,480,35		2	13,00	13,94
1,00	Baja	TiempoC	Media	11,912,97		4	5,53	16,47
3,00	Alta	TiempoC	Media	14,784,14		2	9,00	20,32
3,00	Baja	TiempoC	Media	6,37 2,42		2	3,00	9,60

b) Tipo de bosque

TB	Variable	Parámetro	Estimación	E.E.	n	LI(95%)	LS(95%)
1,00	TiempoC	Media	12,752,03		6	8,38	16,04
3,00	TiempoC	Media	10,793,30		4	4,32	17,52

## **Artículo 2. Factores que afectan la sostenibilidad del manejo de bosques intervenidos como uso competitivo de la tierra**

### **1. INTRODUCCIÓN**

La conservación de los bosques se encuentra asociada a una serie de factores que van más allá de la capacidad intrínseca del ecosistema de responder a perturbaciones naturales o antropogénicas, algunos son tan complejos como la percepción de valor que pueda tener el propietario del bosque, el precio de mercado de la tierra o el uso alternativo más rentable. Es por esto, que la verdadera capacidad de evaluar la sostenibilidad del bosque no sólo se debe centrar en aspectos técnicos de manejar el recurso forestal, sino en la institucionalidad que se relaciona con la tramitología de permisos, la percepción de los funcionarios que aprueban los planes de manejo (hoy día con una veda administrativa) y con la seguridad jurídica de poder utilizar el recurso en el momento más adecuado, y cómo estos factores se relacionan entre sí para influir en la rentabilidad del manejo.

En la Región Huetar Norte y Atlántica del país en los últimos años algunos cultivos como la piña han hecho que el precio de mercado de la tierra aumente de manera tal que el manejo tradicional de bosques no pueda competir con el sistema de producción de ese cultivo y más bien la conservación del bosque se encuentra influenciada por la prohibición legal del cambio de uso de la tierra, que por el interés de manejar los bosques sosteniblemente.

En esta sección se trata de identificar cuáles son los patrones socioculturales que intervienen de manera directa e indirecta en la aceptación del manejo sostenible de bosques y de su impacto ambiental a nivel de paisaje; así como evaluar los factores que afectan negativa y positivamente la rentabilidad de inversiones en el manejo de bosques naturales como uso competitivo del suelo. Partiendo del Artículo 1 de este estudio que sienta las bases que sugieren que los bosques de la zona tienen la posibilidad de recuperar el área basal cosechada (árboles con un dap  $\geq$  a 10 cm) a una condición similar a la observada antes del aprovechamiento en tiempos menores al ciclo de corta fijado por la norma de 15 años, con demandas de tiempo que van de los  $10,5 \pm 1,8$  años y de  $7,6 \pm 2,2$  años, para bosques caracterizados como Bosque gavilán-palmas y Bosque caobilla-gavilán, respectivamente. Se trata de explicar de cómo algunos factores pueden influir positiva o negativamente en el interés público y privado de manejar sosteniblemente los bosques naturales, tomando en

cuenta el efecto varían según el tipo de inversionista, el costo de oportunidad de la tierra o los incentivos que se puedan emplear para rentabilizar la actividad.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Área de estudio

El estudio se realizó en la Región Huetar Norte y Atlántica del país, donde CODEFORSA y el CATIE tienen instaladas una serie de PPM de una hectárea (Cuadro 8), para evaluar el impacto en valores productivos y de biodiversidad de la aplicación de ensayos silviculturales en bosques naturales. En el caso de CODEFORSA, los sitios considerados en el estudio son: La Legua ubicada en el cantón de San Carlos, distrito de Pital y La Montura que se ubica en el cantón de Grecia, distrito de Río Cuarto, ambos sitios se encuentran en la provincia de Alajuela, con la presencia de una PPM de 1 ha en cada sitio; y para el caso del CATIE lo representan: Corinto que se ubica en el cantón de Pococí, distrito de Guapiles de la provincia de Limón y La Tirimbina en el cantón de Sarapiquí, distrito Virgen de la provincia de Heredia, en ambos casos existe un diseño formal para el estudio del impacto del aprovechamiento, con tres tratamientos y tres repeticiones, con nueve PPM de una hectárea en cada caso.

Cuadro 8. Descripción de los sitios seleccionados en el estudio. Región Huetar Norte y Atlántica, Costa Rica.

Sitio	La Legua <sup>1</sup>	La Montura <sup>1</sup>	Corinto <sup>2</sup>	Tirimbina <sup>3</sup>
Ubicación administrativa	San Carlos, Pital	Grecia, Río Cuarto	Pococí, Guapiles	Sarapiquí, Heredia
Organización	CODEFORSA	CODEFORSA	CATIE	CATIE
Número de PPM	1	1	9	9
Altitud (msnm)	80	70	235-345	160-220
Zona de vida (Holdridge 1987)	Bosque húmedo tropical	Bosque muy húmedo premontano, transición a basal	Bosque muy Húmedo Tropical	Bosque húmedo Tropical
Precipitación media anual (mm)	2500	3107,8	4000	3864
Temperatura media (°C)	27,5	21,2	23.0	24,5
Unidad de manejo (ha)	50	73,09	30	29,16
Periodo de observación	1992-2004	1992-2005	1990-2006	1989-2003

<sup>1</sup> = Planes de manejo de CODEFORSA (1992), <sup>2</sup> = Siteo (2000), <sup>3</sup> = Finegan y Camacho (1998)

Los tipos de bosque según Holdridge (1987) corresponden a bosques húmedos y muy húmedos tropicales, destacándose rangos altitudinales que oscilan entre los 70 msnm y 345 msnm; con temperaturas medias anuales que van de los 21 °C a los 27,5 °C y precipitaciones medias anuales que varían entre los 2500 mm y 4000 mm.

Se ubicó una serie de bosques en fincas (Figura 14) que de acuerdo a la legislación nacional, ya ha sobrepasado su ciclo de corta normativo y estuvieran listas para una segunda cosecha oficial dentro del área de estudio, según registros consultados en el Sistema Nacional de Areas de Conservación del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), de la Comisión para el Desarrollo Forestal de San Carlos (CODEFORSA), la Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central (FUNDECOR) y regentes privados.

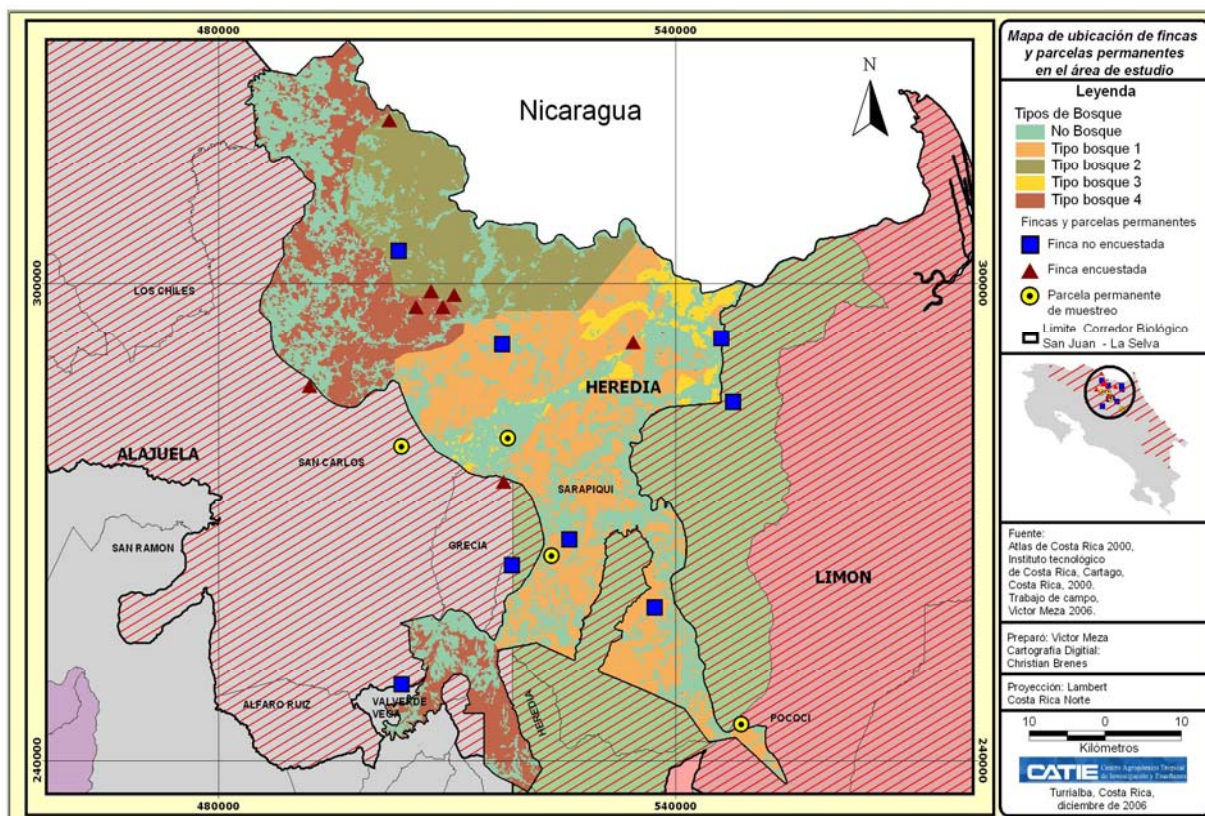


Figura 14. Ubicación de las Parcelas Permanentes de Muestreo y de las fincas inscritas para una segunda cosecha en el MINAE durante el período (2002-2008), por tipo de Bosque, según Ramos (2004). Región Huetar Norte y Atlántica, Costa Rica.

## 2.2. Modelo de crecimiento en volumen

### 2.2.1. Modelo para la estimación de las alturas comerciales

En la construcción del modelo para predecir las alturas comerciales a partir del diámetro a la altura de pecho (dap), se utilizó la medición -dap y altura comercial- de 43.580 árboles comerciales censados en 109 planes de manejo, realizados por CODEFORSA entre los años 1990 y 1998 en diferentes partes de la Región Huetar Norte y Caribe del país, quienes definieron la altura comercial como: el punto de inversión morfológica que considera la altura

del fuste desde la base hasta la primera rama viva de la copa. Se calculó el dap y la altura comercial promedio por clase diamétrica (a partir de 40 cm), y con el uso del programa *Infostat* fueron la base para realizar las regresiones y la escogencia del modelo de mejor ajuste. Ya con el modelo seleccionado, se asignó a cada árbol comercial su altura ajustada (H ajust.) para cada sitio y en cada año de medición.

### 2.2.2. Funciones de volumen

Para el cálculo del volumen comercial fue necesario tomar como base el agrupamiento de las especies comerciales de acuerdo a cuatro ecuaciones utilizadas por CODEFORSA en el programa TREMA, con el fin de predecir los volúmenes comerciales en los diferentes planes de manejo durante las primeras cosechas de los años 90 y corresponde, al volumen comercializado en pie de la madera.

Cuadro 9. Funciones para calcular el volumen comercial utilizadas por CODEFORSA en el programa TREMA. Región Huetar Norte y Atlántica, Costa Rica.

Grupo de especies	Ecuación
1	$V_c = 0,000248 * (dap^{1,81847}) * (HT^{0,64862})$
2	$V_c = 0,000171 * (dap^{1,95698}) * (HT^{0,63653})$
3	$V_c = 0,000166 * (dap^{1,82571}) * (HT^{0,95285})$
4	$V_c = 10^{((2,03986 * \text{Log}10(dap)) + (0,779 * \text{Log}10(HT) - 4,07682))}$

HT: corresponde a la altura ajustada por el modelo

Para la clasificación del volumen disponible se utilizó la clasificación de especies diseñada por la Cámara Costarricense Forestal (Anexo 2), en cuatro grupos de interés comercial: Duras, Formaleta, Semiduros comunes y Semiduros clasificados.

### 2.3. Selección de la muestra de las fincas en segundas cosechas de la zona

La identificación de la población de fincas oficiales en segundas cosechas, se hizo a través de un muestreo de los bosques que están actualmente inscritos en el MINAE y de acuerdo a los siguientes criterios:

- a) que estuviera inscrita en el MINAE con una primera cosecha, o que el regente o alguna ONG estuviera segura de la realización de una primera cosecha
- b) que haya cumplido o que en los próximos dos años (2008) cumpliera el período oficial de 15 años

Sobre la base de estos criterios se identificaron 16 fincas de las cuales ocho propietarios fueron sujetos a entrevistas, para un 50% de intensidad de muestreo.

#### **2.4. Caracterización de los sitios por tipo de bosque**

La caracterización de los cuatro sitios según Ramos (2004) se fijó en dos tipos de bosque, Corinto I (CORI), La Legua y La Montura son bosques tipo caobilla-gavilán; y los bosques tipo gavilán-palmas son Corinto II (CORII) y La Tirimbina. De acuerdo, a la misma autora, el bosque gavilán-palmas corresponde a un bosque de *Pentaclethra macroloba* y palmas: este bosque se caracteriza por estar dominado por *Pentaclethra macroloba*, así como por una alta abundancia de cuatro especies de palmas *Welfia georgii*, *Iriartea deltoidea*, *Socratea exorrhiza* y *Euterpe precatoria*. Entre las principales especies arbóreas asociadas se encontró a *Dendropanax arboreus* y *Tetragastris panamensis*. En el caso del bosque caobilla-gavilán, se definió como un bosque de *Pentaclethra macroloba* y *Carapa guianensis*: este se caracteriza por ser un bosque muy homogéneo dominado por *Pentaclethra macroloba*, encontrándose principalmente asociado con *Carapa guianensis*. En el caso de las palmas, este bosque se caracterizó por una baja abundancia, siendo *Welfia georgii* la de mayor IVI entre ellas.

#### **2.5. Análisis de inversiones**

##### 2.5.1. Identificación de los factores que influyen en la competitividad del manejo de bosques

La construcción de un flujo de caja a partir de la estructura de costos e ingresos de la producción maderable de bosques naturales en un esquema de manejo policíclico, se realizó a través de la aplicación de encuestas semiestructuradas (Anexo 3) a propietarios y madereros de la zona; y de información secundaria proveniente de los planes de manejo (Anexo 4):

- **Costos:** se consideraron los costos de cada actividad por hectárea (costos fijos), por Pmt o m<sup>3</sup> (costos variables) de la corta, extracción, carga, transporte, comercialización y trámites; así como otros elementos que fueron necesarios para lograr la producción

esperada, tales como los costos fijos anuales de administración, planificación y regencia forestal por hectárea.

- **Ingresos:** se consideraron los ingresos productos de la venta de madera considerando la calidad y cantidad, considerando el precio implícito (*in situ*) de la producción esperada al final del ciclo de corta.
- **Supuestos y premisas:** se asumió dentro del análisis de inversiones un *premium* de un 1% por riesgo político en la TMA que corresponde a la veda administrativa que en muchos casos se da en la aprobación de los planes de manejo, este se calculó con base en los seis meses que en promedio tarda la Administración Forestal del Estado en aprobar el permiso forestal. La consideración de este supuesto conforma una parte importante del análisis institucional y del marco legal del manejo de bosques naturales en Costa Rica.

Se consideran los factores que se encuentran asociados a la información silvicultural relacionada a la intensidad de cosecha, el aprovechamiento y la aplicación de tratamientos silviculturales al nivel de unidad de manejo (para cada sitio) en particular y al nivel de paisaje según tipos de bosques definido por Ramos y Finegan (2006).

#### a) **Intensidad de cosecha**

La selección de las PPM se realizó respetando las siguientes condiciones:

- Áreas basales remanentes similares, que aseguren una respuesta muy parecida de crecimiento de acuerdo al grado de ocupación del bosque post aprovechamiento
- Que se encuentren clasificados como el mismo tipo de bosque, según Ramos (2004).

#### b) **Precios de insumos, productos y costos de actividades del manejo forestal**

Se aplicó una serie de preguntas en la encuesta sobre estos factores, con el fin de conocer aspectos como los siguientes:

- Precio de la madera en pie por especie o por tipo de madera en pulgadas madereras ticas (PMT ) o m<sup>3</sup>.
- Precio de la madera en patio del aserradero por especie o por tipo de madera en pulgadas madereras ticas (PMT ) o m<sup>3</sup>.



- Estructura de costos e ingresos por m<sup>3</sup> o ha del aprovechamiento forestal (corta, extracción, carga y transporte) que se calcularon a precio de mercado por PMT y posteriormente, fue necesario convertirlos a m<sup>3</sup>.

#### 2.5.4. Precio implícito de la madera en pie

Se determinó el precio implícito de la madera a partir de la siguiente fórmula:

$$P_{imc} = P_p - [T + E + C]$$

Donde:

$P_{imc}$  = precio implícito de la madera

$P_p$  = precio en patio de aserradero

$T$  = transporte al aserradero

$E$  = extracción y carga

$C$  = corta

#### 2.5.5. Costos por concepto de trámites ante la Administración Forestal del Estado

Para el presente trabajo se tomó como base el Análisis del Sistema Actual de Aprobación de Permisos Forestales del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) realizado por Arias y Zamora (2005), quienes realizaron encuestas de opinión y entrevistas selectivas a funcionarios clave acerca de la percepción que tienen los funcionarios de las Oficinas Subregionales sobre la eficiencia del actual sistema para el trámite y aprobación de permisos forestales.

De acuerdo al estudio mencionado, en el proceso normal seguido por las Oficinas Subregionales para el trámite de un permiso, se observó que se requiere un mínimo de nueve pasos, en caso de que la información esté completa y no exista problema en la visita de campo. Aunque según este estudio, la falta de requisitos administrativos o técnicos podría duplicar los pasos y el tiempo necesario para su aprobación, con una duración estimada de más de seis meses para un plan de manejo. Donde se ha identificado que los pasos determinados como críticos son los de asignación, revisión técnica e inspección de campo, que son las etapas más engorrosas, ya que generalmente requieren más del 70% del tiempo necesario para la aprobación de un permiso, en el caso de la entrega de placas y guías, esta se considera otra etapa crítica dada la falta de control y verificación del manejo de inventarios de las placas y guías entregadas a los beneficiarios.

## 2.6. Implicaciones en la integridad ecológica

El análisis de impacto se realizó a través del uso de tres herramientas, la primera consistió en el uso del Índice de Chao-Jaccard, la segunda fue el agrupamiento por grupo ecológico y la tercera, la determinación de los porcentajes por grupo de interés comercial. Cada herramienta se aplicó tanto para las PPM con manejo y sin el, donde en el caso de las PPM sin manejo los datos obtenidos corresponden a los valores de referencia de los cambios permisibles por el manejo.

## 2.7. Coeficiente de similitud de Jaccard

Para evaluar los cambios en el tiempo en la composición de las especies se utilizó el Índice de similitud de Jaccard de acuerdo a una derivación probabilística sugerida por Chao et al (2005) a la siguiente fórmula:

$$I_j = \frac{c}{a + b - c}$$

donde

a = número de especies presentes en el año A

b = número de especies presentes en el año B

c = número de especies presentes en ambos años A y B

El intervalo de valores para este índice va de 0 cuando no hay especies compartidas entre ambas mediciones, hasta 1 cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies. Para el caso de este estudio se refiere a la comparación entre años de medición.

## 2.8. Grupos ecológicos

Las especies arbóreas se agruparon de acuerdo con Finegan y Delgado (1997) en los siguientes grupos ecológicos:

- a) Heliófitas efímeras (HE): especies arbóreas de vida corta, muy exigentes de plena luz durante todas las etapas de su desarrollo; las plántulas de estas especies se establecen y crecen solamente en claros grandes.
- b) Heliófitas durables (HD): especies menos exigentes de luz que el grupo anterior y de vida más larga; pueden establecerse bajo el dosel arbóreo, pero requieren necesariamente de claros, aunque pequeños, que lleguen al piso del bosque para crecer.

- c) Intermedia (INT): especies que pueden soportar sombra en las primeras etapas de su desarrollo, pero que requieren condiciones adecuadas de luminosidad para pasar de la etapa de fuste joven a fuste y poder reproducirse.
- d) Generalista (GEN): especies capaces de soportar sombra durante todas las etapas de su desarrollo.
- e) Palmas (PAL).
- f) Especies de gremio desconocido (NNN): especies no asignadas a ningún grupo de los anteriores.

### 2.9. Composición florística comercial

Se clasificaron las especies arbóreas en dos grupos:

- a) Especies deseables y aceptables.
- b) Especies no comerciales.
- c) Palmas.

### 2.10. Valoración del activo tierra con base en análisis técnico-financiero: el valor esperado de la tierra (VET)

Para el cálculo de este valor se utilizó una herramienta financiera (fórmula) que descuenta la estructura de costos e ingresos (flujo de caja) que se aplica al manejo del bosque como uso de la tierra durante su producción futura que va hasta un horizonte de varios años. Para modelar los sistemas productivos se ordenó la producción futura en unidades temporales que se asumen replicables y encadenables a futuro para un ciclo de corta de 15 años que corresponde al determinado por la norma costarricense.

La fórmula de valor descontado utilizada en este estudio fue:

$$VET = \frac{D_{HT} - C_{rT} + \sum_{t=1}^{T-1} D_{M_t} (1+i)^{T-t}}{(1+i)^T - 1} - \sum_{y=1}^Y \frac{C_E}{(1+i)^y} \quad [1]$$

El VET está en función del ingreso neto ( $D_{HT}-Cr_T$ ) proveniente de la liquidación del sistema productivo, neto de los costos del aprovechamiento (T);

- a) La sumatoria de los ingresos anuales y periódicos de las actividades de producción provenientes de los costos de mantenimiento, manejo, cosecha y control de plagas y enfermedades ejecutados en cualquier año  $t$  del ciclo productivo ( $D_M$ ).
- b) Todo este flujo de caja periódico entre el año 1 y el año T-1 se capitaliza hasta la edad de rotación o ciclo de corta (T) del sistema productivo usando el factor de capitalización del inversionista  $(1+i)$ , donde  $i$  es la tasa mínima aceptable de descuento (TMA) del inversionista.
- c) Este valor futuro calculado, considera la renta futura del sistema productivo, y se descuenta al presente usando el factor de descuento del inversionista, menos 1  $((1+i)-1)$  para obtener el valor presente de la renta neta de un sistema productivo en que se ha proyectado a todos sus ciclos productivos futuros. El 1 que se resta al factor de descuento representa el valor de mercado del sistema productivo (terreno limpio + infraestructura + cultivo) en términos relativos. Como hay que calcular el valor de la tierra limpia, la suma del valor presente de los costos de establecimiento de las mejoras, infraestructura y cultivo ( $C_E$ ) se restan a la renta neta calculada del sistema productivo para de esta forma, calcular el valor de la tierra limpia o rastrojo.

Cuando se conoce el precio de mercado del sistema productivo, se puede adaptar el cálculo del VET para un solo ciclo productivo y considerando la venta de la tierra (sistema productivo) al final del ciclo a precio de mercado y removiendo el - 1 del denominador (VET) que se conoce como el Valor del Bosque, esta adaptación según Navarro (2004) es:

$$VB_1 = \frac{I_B + I_M + \sum_{y=1}^{Y=CC} (I_y - C_y) (1+i)^{CC-y}}{(1+i)^{CC}} \quad [2]$$

donde:

$VB_1$ : es el valor del bosque para un ciclo de corta y está en función del ingreso neto ( $I_M$ )

$I_M$ : ingreso neto proveniente de la venta de la madera en el patio de aserradero a la edad del CC neto de los costos de aprovechamiento y transporte, más la venta del bosque a precio de mercado ( $I_B$ )

$(I_y - C_y)$ : sumatoria de los ingresos periódicos netos de las actividades de manejo provenientes de tratamientos, planificación, estudios de monitoreo y administración ejecutados en cualquier año y del CC

Todo este flujo de caja periódico entre el año  $y = 1$  y el año  $CC - y$  se capitaliza hasta el año final del CC usando el factor capitalización del inversionista  $(1 + i)$ , donde  $i$  es la tasa mínima aceptable de descuento del inversionista. Luego, este valor futuro calculado se descuenta por los años de la edad de CC usando el factor de descuento del inversionista.

### **2.11. Análisis de sensibilidad**

El análisis se realizó bajo la condición *ceteris paribus*. En esta condición de análisis sólo varía uno de los factores, mientras los demás permanecen constantes. El objetivo de este análisis fue determinar los efectos a largo plazo sobre la rentabilidad de las inversiones e identificar el factor que causa mayores efectos, tanto negativos como positivos en la competitividad del manejo de bosques como uso de la tierra. Para este caso se utilizaron tres factores endógenos: tipo de bosque, intensidad de cosecha y diámetro mínimo de corta; y tres factores exógenos: intermediación, tramitología y tasa de descuento del inversionista.

## **3. RESULTADOS Y DISCUSION**

### **3.1. Producción forestal comercial para una nueva cosecha**

#### **3.1.1 Modelo para la predicción de alturas comerciales**

El modelo para la estimación de las alturas comerciales fue desarrollado con el uso de árboles individuales que fueron censados en los planes de manejo que CODEFORSA ha realizado a partir de los años 90, tanto en la Región Huetar Norte como en la Atlántica, para eso se utilizaron 43.580 individuos. La distribución de los mismos se concentró en un 76,8 % en las clases diamétricas que van de 70,0 cm hasta 99,0 cm de dap, no obstante, a partir de la clase de 100 cm de diámetro la presencia de individuos dentro de la muestra fue muy pequeña alcanzando un 6% de los árboles censados (Figura 15), lo que demuestra una baja presencia de individuos en las clases superiores, en contraste con la mayor concentración de árboles en las

clases del medio, situación que se repetirá en las nuevas cosechas en donde el énfasis de la corta se dará en los árboles de mediano tamaño (70,0 – 90,0 cm de dap) que podrían definirse como el dap rentable para la nueva intervención.

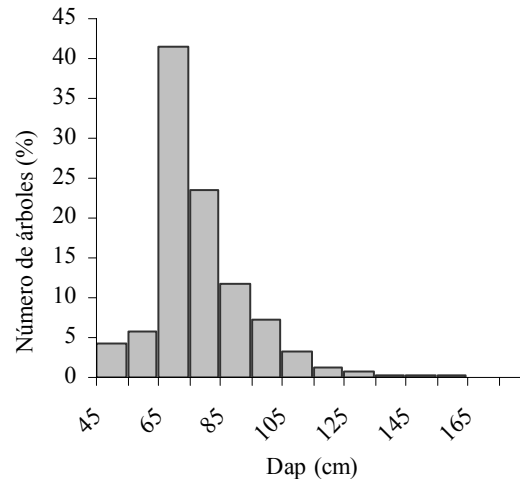


Figura 15. Distribución de frecuencia para la muestra de los árboles censados en la Región Norte y Atlántica por CODEFORSA, Costa Rica.

La idea de definir un modelo que ajuste las alturas comerciales a partir del diámetro, se ve influenciada en el hecho de que normalmente el dap es el parámetro dasométrico que se mide con mayor frecuencia y no así, las alturas que por lo general no son medidas debido a su alta variabilidad, es por esto que para esta investigación se decidió, con el uso de pares de datos (dap y altura comercial) provenientes de censos comerciales realizados en 109 planes de manejo, ajustar un modelo de regresión que estimara las alturas comerciales a partir de los dap medidos en cada sitio. Con la ayuda del programa de Infostat se pudo llegar a ajustar el siguiente modelo que presentó un  $R^2$  Ajustado de 0,99, el cual se presenta a continuación:

$$Hc = -4,1457 + dap * 0,4391 + dap^2 * (-0,0034) + dap^3 * (0,0000082) \quad (3)$$

La curva de crecimiento de la altura comercial ajustada presenta una pendiente fuerte en las primeras tres clases diamétricas que van de 40 hasta 70 cm de dap, aquí las alturas pasan de 9,2 m a 13,2 m, respectivamente, que representa los mayores cambios observados. Por otra parte, los menores cambios se dan en las clases siguientes con una curva más plana y que representa cambios no mayores a medio metro entre una clase y otra. Así pues, el crecimiento se acelera hasta los 90 cm y a partir de este tamaño las tasas de crecimiento disminuyen paulatinamente hasta cero en los individuos mayores a los 120 cm (Figura 16).

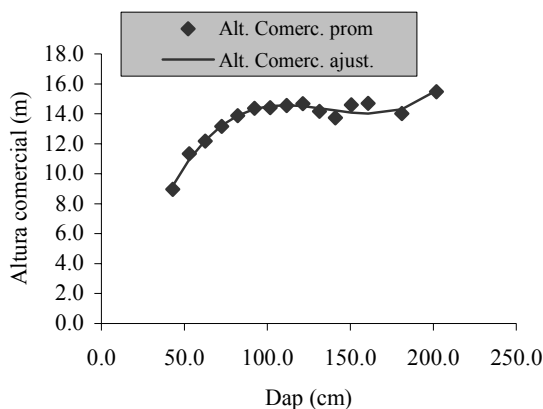


Figura 16. Alturas comerciales ajustadas para árboles comerciales, Región Huetar Norte y Atlántica, Costa Rica.

### 3.2. Caracterización de los propietarios de bosques en segundas cosechas

En el área de estudio los encuestados han sido capaces de seguir siendo propietarios de las fincas durante el ciclo de corta oficial (CCN) que corresponde a 15 años según la norma costarricense, los que han participado tanto en la primera como en la segunda cosecha del bosque o en algunos casos, se encuentran cerca de cumplir con el período oficial. La tenencia de las fincas por los propietarios fue en promedio de 22 años, que corresponde a siete años más que el CCN. Estas, fincas presentaron un intervalo bastante amplio de tamaños, el cual tiene un límite inferior de 29,13 ha y un límite superior de 1000 ha; con una cobertura promedio, en bosques, de 47%; un 50% pertenece a ganadería y un 3% a cultivos.

Cabe destacar que en ninguno de los casos el propietario vive en la finca, donde se cosechó el bosque y el 75% posee, al menos, una finca más. Por otra parte, en un 88% de los casos su subsistencia tiene que ver con la ganadería y un 75% la considera como la actividad más rentable en la finca, en comparación al manejo de bosques o la agricultura convencional. Otras actividades como la producción de piña y de la pimienta, fueron destacadas como las más rentables dentro de sus fincas. En el caso de los sitios en los cuales se da la producción de

piña, por ejemplo en La Legua de Pital, San Carlos; la posibilidad de alquiler o de venta de la tierra, en montos que rondan los ¢600.000 ó ¢1.000.000 /ha/año, cuando se alquila o en ¢3.000.000/ha cuando se vende, hace que el manejo pierda competitividad con los otros usos de la tierra.

La producción agrícola fue considerada más rentable que el manejo de bosques por los encuestados, cuando se comparó con la producción de la yuca, que rinde como promedio unos ¢900.000/ha/año o con la producción de la pimienta que produce dos cosechas al año, para unos ¢730.000/ha/año. Por otra parte, el 87% de los dueños consideran que el bosque no es ningún negocio (Figura 17) debido principalmente a la sobre-regulación y a la tramitología necesaria para acceder a los permisos de aprovechamiento forestal. Desestimando la percepción de la importancia del manejo de bosques dentro de la economía de finca, donde un 87% consideró que el bosque tiene un papel prácticamente nulo en los ingresos familiares.

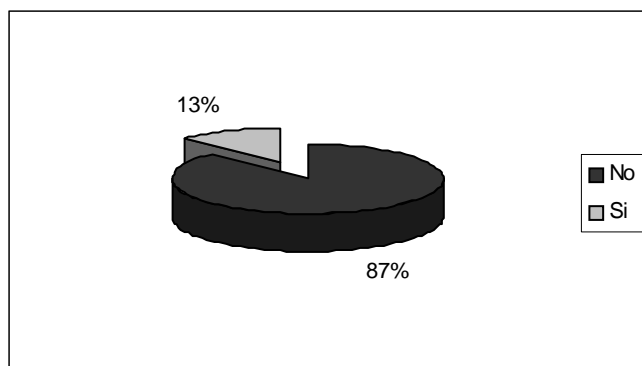


Figura 17. Percepción de los encuestados con respecto a la rentabilidad del bosque durante el ciclo de corta. Región Huetar Norte y Atlántica, Costa Rica.

En todos los casos los dueños tienen claros los objetivos del plan de manejo (PM) tanto en la primera como en la nueva cosecha (cuando se realizó) y consideraron importante la presencia del PM en la planificación, uso y conservación del bosque, esto demuestra una percepción positiva del papel que juegan los PM para el buen manejo y conservación de los bosques. Quienes mostraron el interés de volver a cosechar el bosque en el momento en que se cumpliera el tiempo establecido para la nueva intervención forestal, pero consideran que los mayores obstáculos para acceder al nuevo permiso son fijados por el MINAE.

Los encuestados manifestaron -en su totalidad- no haber cambiado el uso del suelo en la finca durante los últimos 15 años (CCN), asegurando que han mantenido en las mismas



proporciones las áreas correspondientes para cada actividad productiva. Destacándose, la conservación de las áreas que corresponden a bosques para todos los casos, recalando en algunos sitios la recuperación en el tiempo de áreas de repasto en nuevos bosques secundarios.

Por otro lado, el 75% de los casos han tenido alguna vez pago por servicios ambientales (PSA) y el 25% restante nunca lo ha recibido; para aquellos casos donde se ha dado PSA se planteó el problema de no poder acceder nuevamente el PSA debido a la falta de presupuesto para la región por parte del FONAFIFO.

En cuanto, a la primera cosecha se mencionaron casos en los cuales la intensidad de aprovechamiento en términos del porcentaje de árboles comerciales por hectárea, fue menor al permitido por la Ley Forestal de 60% de cosecha contra un 40% de árboles remanentes; no obstante, la norma fue cosechar el máximo volumen permitido. Del volumen permitido para cosechar, un 87% de los dueños vendieron su madera en pie a un intermediario, aunque fue posible encontrar dueños que comercializaron su madera hasta el patio de la industria. En general, la madera se ha vendido en pulgadas madereras ticas (pmt), aunque en uno de los casos la venta fue a bulto.

Un 87% de los propietarios manifestaron no observar grandes cambios en la composición de las especies forestales después del aprovechamiento con respecto a las especies presentes antes del aprovechamiento, mencionando que prácticamente son las mismas especies. No obstante, se mencionó que en los sitios donde se abrieron grandes claros algunas especies son más agresivas para establecerse como: *Vochysia alleni* y *Vochysia guatemalensis*. Al menos la mitad de los encuestados han cosechado árboles para uso doméstico de la finca.

Existe una percepción generalizada de los encuestados en no considerar costos importantes en el mantenimiento del bosque, mencionándose la limpieza de carriles como la actividad por destacar.

### **3.3. Implicaciones de la caracterización biofísica sobre la rentabilidad del manejo de bosques**

#### **3.3.1. Disponibilidad del volumen comercial por intensidad de cosecha para cada grupo comercial**

La evolución del volumen total sirve como criterio para evaluar la recuperación del bosque, no obstante para el análisis financiero la disponibilidad del volumen por grupo de interés comercial es un dato más eficiente para determinar la rentabilidad del manejo de bosques, ya que cada excedente de volumen se asocia a un precio que varía de acuerdo al tipo de madera. Por otra parte, para determinar el efecto de la intensidad de cosecha sobre el crecimiento y disponibilidad de volumen en la nueva cosecha en cada tipo de bosque, a través de dos intensidades de cosecha definidas por un límite de separación entre ellas a partir de un 10% de reducción en el área basal para los árboles con un  $dap \geq 10$  cm, por debajo de este valor se considera como de baja intensidad y por encima como de alta intensidad, de acuerdo al área basal presente antes del aprovechamiento o condición inicial.

En cuanto al volumen disponible después del aprovechamiento (Anexo 12) por grupo de interés comercial, se observa que para la intensidad de baja cosecha en el Bosque gavián-palmas los tres grupos comerciales fueron capaces de recuperar positivamente el volumen comercial disponible -que depende del excedente por encima del volumen residual después del aprovechamiento-; caso contrario se da para la intensidad de cosecha alta que no fue capaz de recuperar en 15 años los volúmenes en el grupo de madera semiduro clasificado y madera blanca, pero si en el grupo de madera clasificada. En el Bosque caobilla-gavián la intensidad de cosecha baja es capaz de recuperar positivamente a partir del año nueve el volumen disponible en el grupo semiduro clasificado y semiduro, sin embargo el de madera blanca no fue capaz de recuperar el volumen disponible, para 15 años de medición. En cuanto a la de intensidad de cosecha alta, se da una recuperación para el grupo de madera semidura, pero no así para los grupos de madera semidura clasificada y madera blanca.

Por otra parte, el volumen negativo en algunos grupos comerciales se debe a que la disponibilidad del volumen comercial por grupo comercial se encuentra por debajo del volumen residual después del aprovechamiento -en ese año en particular- o el volumen “0” se refiere a que el volumen disponible (excedente) no ha sido capaz de superar al volumen

residual, en ambos casos son el producto de la pérdida de árboles por condiciones naturales, esta mortalidad natural pone de manifiesto la opción de cosechar árboles muertos dentro del ciclo de corta, y así aportar algunos ingresos al flujo de caja del manejo bosques, aunque no son tomados en cuenta para dentro del análisis financiero de este trabajo.

### **3.3.2 Evolución del volumen disponible por tipo de bosques: zona para la toma de decisiones**

La recuperación del volumen total comercial disponible durante el tiempo presenta un peso relevante sobre el comportamiento de la rentabilidad, ya que la venta de madera es este caso es el bien que rentabiliza la actividad forestal por encima de otros bienes y servicios del bosque. Las curvas de volumen disponible para cada condición y tipo de bosques (Figura 18 y 19) son irregulares durante el ciclo de corta, las cuales presentan diferentes puntos máximos a medida que se pasa en el tiempo, para los dos tipos de bosques el intervalo de uno hasta ocho años la curva es el que se comporta de manera más irregular producto del aprovechamiento y la aplicación de los tratamientos, por lo que la toma de decisiones bajo estos términos es de mucha incertidumbre y cualquier decisión económica que se tome en este periodo va a estar relacionado a las implicaciones de estas actividades. Para el bosque gavilán-palmas en la intensidad de cosecha baja se encontraron dos puntos máximos a los tres y a los 18 años después del aprovechamiento; para la intensidad de cosecha alta a los seis y a los 16 años. En cuanto al bosque caobilla-gavilán los puntos máximos en la intensidad de cosecha baja fue a los cuatro, once y quince años; para la intensidad de cosecha alta fue a los cuatro y 16 años.

No obstante, las curvas para ambos tipos de bosque se comportan de manera mas regular a partir del año ocho, por lo que se definen dos zonas: i) zona de toma de decisiones (antes de los ocho años) y ii) zona de toma de decisiones (a partir de los ocho años).

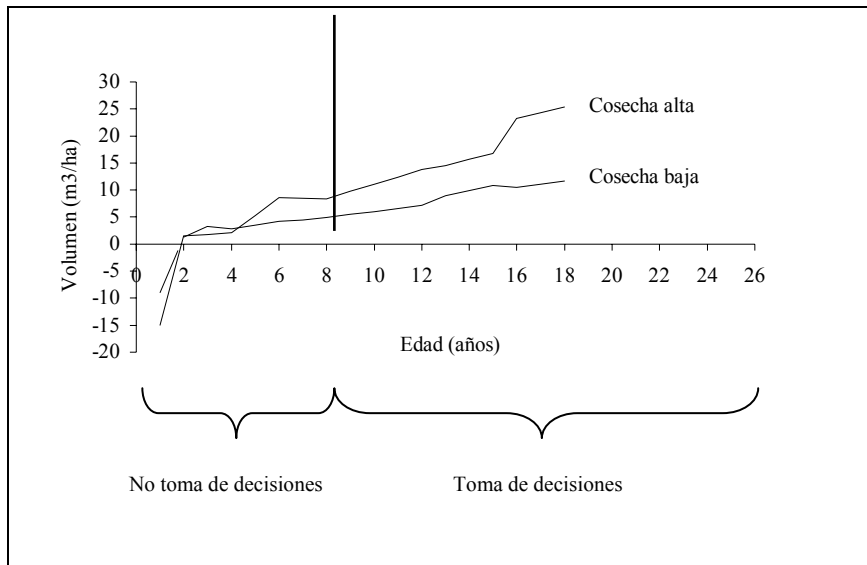


Figura 18. Variación del volumen comercial total disponible de acuerdo a la intensidad de cosecha para el bosque gavián-palmas. Región Huetar Norte y Atlántica, Costa Rica.

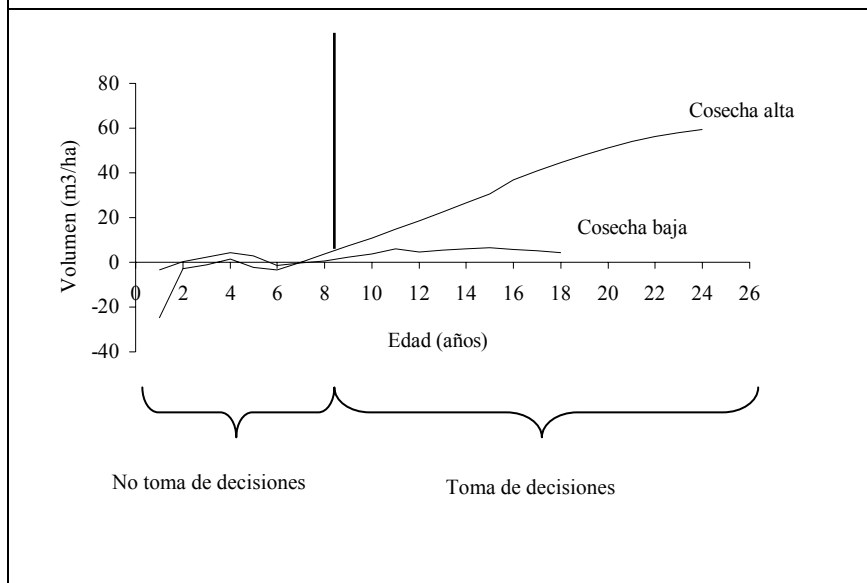


Figura 19. Variación del volumen comercial total disponible de acuerdo a la intensidad de cosecha para el bosque caobilla-gavián. Región Huetar Norte y Atlántica, Costa Rica.

### 3.3.3. Implicaciones de la intensidad de cosecha sobre la integridad ecológica

Se propone la utilización de la clasificación de Finegan y Delgado (1997) en gremios ecológicos, que se basa en las necesidades de iluminación de las especies forestales y en la utilización de uno o varios recursos del medio ambiente en forma similar. Destacándose la luz y el suelo como los gradientes más importantes dentro de los ecosistemas boscosos (Louman

et ál 2001). Por lo que cualquier cambio que el manejo produzca en algunos de estos elementos –principalmente en la luz- se vera reflejado en una serie de cambios ambientales que repercuten en el aumento o disminución de las especies por grupo ecológico, ya que las Heliófitas efímeras (HE) son el grupo que más se beneficia con la apertura del dosel y con los cambios de luz en el bosque, por lo que un aumento en el número de las HE es considerado como un indicador de impacto en el bosque.

En general, los bosques no manejados presentaron un promedio bajo de HE con respecto al resto de gremios ecológicos, ya que para el Bosque gavilán-palmas fue de 0,31%; y para el Bosque caobilla-gavilán de 0,15% durante el período de observación. Donde, la diferencia entre el valor mínimo y máximo observado en los porcentajes de las HE durante el período de observación fue entre 0 y 0,8% del total de individuos. Al evaluar los restantes gremios ecológicos se observó que no se dieron cambios mayores a un 3% durante el período de observación, sin importar el tipo de bosque. Demostrando que durante el periodo de observación no se reportaron grandes cambios con respecto al peso que tiene uno u otro grupo en el tiempo, es así como en promedio el gremio de las Generalistas representó entre un 46% y un 50% para el Bosque gavilán-palmas y de un 34% para el Bosque caobilla-gavilán, destacándose, este grupo como el de mayor peso, al compararlo con el resto de los gremios.

Una premisa importante por considerar es que el manejo forestal producirá una serie de cambios en la dinámica de los bosques, producto de la variación en la relación de la luz existente al momento de la intervención forestal, que a su vez, contribuye a aumentar la presencia de las HE, ya que según Finegan y Delgado (1997) con un aumento de la iluminación, este grupo mejorará su presencia en el bosque, por lo tanto, un aumento en el número de las HE es considerado como un indicador de impacto en el bosque.

El cambio del porcentaje de las HE en los bosques no manejados –sin importar el tipo de bosque- alcanzó un 1% como el máximo valor durante el período de observación que viene a servir de referencia para definir el impacto ecológico aceptado. No obstante la definición de este valor debe asociarse a indicadores económicos y sociales que busquen el equilibrio óptimo entre criterios. Para el Bosque gavilán-palmas se mostró una tendencia de mantener en el tiempo los porcentajes de las abundancias de las HE, tanto en el sitio con intensidad de cosecha baja que en 13 años mantuvo un  $4,96 \pm 0,69\%$ , como en el de intensidad alta que sostuvo un  $0,5 \pm 0,1\%$  con respecto al resto de los otros gremios ecológicos. En este caso, el

porcentaje de HE de la intensidad de cosecha baja supera el 1% de los bosques no manejados, en contraste la intensidad de cosecha alta es capaz de mantener valores por debajo al observado por los bosques no manejados.

Por otra parte el Bosque caobilla-gavilán la intensidad de cosecha baja mantuvo un promedio de  $1,52 \pm 0,67$  % HE durante los 16 años de observaciones en la intensidad de cosecha alta el promedio de HE fue  $6,68 \pm 6,24$  %, valor que se encuentra muy encima al 1% que mantienen los bosques no manejados. La dinámica de las abundancias en cada grupo ecológico para la intensidad de cosecha baja no mostró mayores cambios durante el período de observación, al compararlo con el año de referencia. No obstante, para la intensidad de cosecha alta a partir del año siete de observación -que corresponde al año cuatro post-aprovechamiento- se observó una mayor presencia de HE con un 6,8%, valor que aumenta a medida que se avanza en el tiempo, hasta llegar a ser máxima con un 15,6% en el año 14 después del aprovechamiento.

Es recomendable pensar que el crecimiento de los árboles después del aprovechamiento no será el mismo durante el nuevo ciclo de corta. Es así como Primack *et al.* 1985, Sánchez 1995, Silva *et al.* 1995, citados por Camacho y Finegan (1997) han demostrado que después de un cierto tiempo, que puede ser tan corto como tres años, el incremento declina a medida que el dosel se cierra. En contraste, es necesario destacar que después del aprovechamiento las condiciones de sitio pueden variar a favor o en contra según gremio ecológico, es así como puede mejorar para el grupo de las HE, que necesitan claros para crecer, por lo tanto, con la formación de claros en el dosel se dan las condiciones necesarias para el establecimiento de especies de rápido crecimiento que contribuyen con mayores incrementos.

Por otro lado, la posición de desventaja de un árbol se determina observando la copa, que puede ser que esté a la sombra de otro árbol o que las copas de otros árboles compiten por la luz (Quirós 2001), donde la disminución de la luz provoca la supresión de árboles (Wadsworth 2000), está varía de acuerdo a espacios reducidos en el sentido horizontal y a la estructura del rodal, la cual a su vez depende del tipo de bosque y de la fase de desarrollo en que se encuentre (Lamprecht 1990).

La intensidad de cosecha para el Bosque gavilán-palmas, correspondió a una reducción de un 6,6% ( $1,4 \text{ m}^2/\text{ha}$ ) en el de intensidad baja y de un 10,6% ( $2,5 \text{ m}^2/\text{ha}$ ) en el de intensidad alta. En el Bosque caobilla-gavilán de acuerdo al área basal (árboles con un  $\text{dap} \geq 10 \text{ cm}$ ) fue de 2,7% ( $0,7 \text{ m}^2/\text{ha}$ ) en la de baja intensidad y de un 25,5% ( $7,9 \text{ m}^2/\text{ha}$ ) en de alta intensidad. Al

relacionar la intensidad de cosecha con los cambios observados en la abundancia de las HE durante el tiempo, se obtuvo que para el Bosque caobilla-gavilán el sitio de intensidad baja no presentó cambios importantes en las abundancia de las HE con respecto al resto de gremios durante el CCN, no obstante en el sitio de intensidad de cosecha alta el porcentaje de las HE aumentó al compararlo con las abundancias de los otros gremios.

Es necesario mencionar que en los nuevos Principios, Criterios e Indicadores para el Manejo de Bosques Naturales y su Certificación en Costa Rica (en prensa) se define que la abundancia de los individuos del gremio ecológico conformado por las especies heliófitas efímeras no superará el 15% del total de árboles arriba de 10 cm dap, en el caso de que esto sucediera no será posible una nueva cosecha. Por lo tanto esta norma constituye el Indicador de impacto permitido desde el punto de vista de la sociedad.

En el Bosque gavilán-palmas (Figura 20) ambas intensidades de cosecha se encuentran dentro del impacto permitido de acuerdo al porcentaje de HE máximo, ya que 13 años después del aprovechamiento el porcentaje de HE se encuentra muy por debajo del 15%, donde a partir del año ocho ambas curvas mantienen una forma horizontal lo que muestra una tendencia de mantener el porcentaje de HE aún hasta el año 13 de observación.

Para el Bosque caobilla-gavilán el valor del porcentaje de HE para la intensidad de cosecha baja no supera el 15% permitido, no obstante para la intensidad de cosecha alta el impacto permitido se supera a los diez años después de haber realizado el aprovechamiento, situación que empeora en el año 14 con 15,6% de HE (Figura 21), determinando que para esta condición no sería posible realizar una nueva cosecha. Es importante mencionar que el efecto del aprovechamiento sobre la composición de los gremios ecológicos se empezó a observar a partir del año diez de haberse realizado el aprovechamiento, por lo que tomar una decisión años antes de ese momento podría favorecer la presencia de las HE.

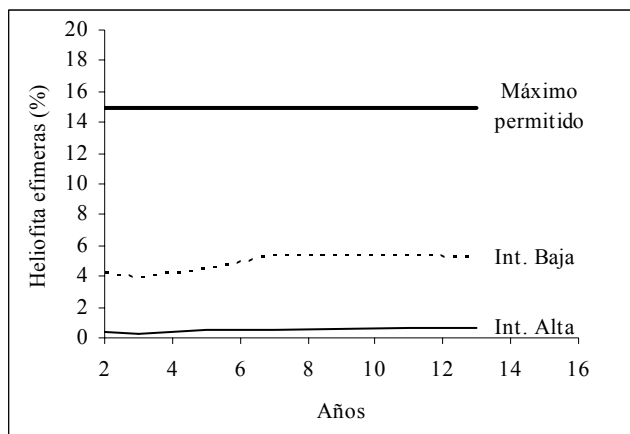


Figura 20. Evolución del porcentaje de Heliófitas Efimeras durante el período de observación según intensidad de cosecha para el bosque gavilán-palmas. Región Atlántica, Costa Rica.

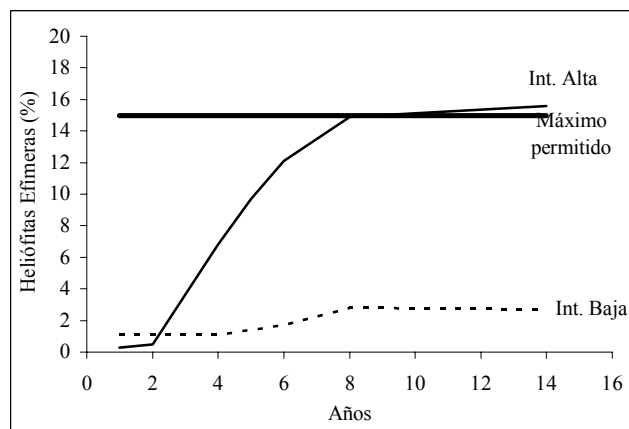


Figura 21. Evolución del porcentaje de Heliófitas Efimeras durante el período de observación según intensidad de cosecha para el bosque caobilla-gavilán. Región Atlántica, Costa Rica.

### 3.3.4 Dinámica de la composición florística de especies comerciales

Es necesario recalcar que aunque el porcentaje de las HE es considerado como aceptable durante el ciclo de corta para intensidades de cosecha por debajo del 25% en los dos tipos de bosques, es de mayor beneficio en los bosques identificados para una producción forestal continua mantener y aumentar el número de las especies de interés comercial. Por lo tanto la variación en los porcentajes de las especies de interés comercial en el tiempo es un criterio importante que complementará la decisión de seguir con la producción de madera o no desde el punto de vista del inversionista.

De acuerdo al grupo de interés en bosques no manejados, el Bosque gavilán-palmas, se mantuvo con un promedio de un 72% de especies comerciales (EC) durante 18 años de observaciones, lo que representó  $21,66 \pm 0,96 \text{ m}^2/\text{ha}$ . Demostrando cambios relativamente pequeños no mayores a un  $1,3 \text{ m}^2/\text{ha}$  entre un año de observación y otro. El Bosque caobilla-gavilán mantuvo en promedio un 61% de EC durante 16 años de observación, lo que representó  $18,58 \pm 1,04 \text{ m}^2/\text{ha}$  de área basal para árboles  $\geq$  a 10 cm de dap; el grupo de especies no comerciales (NC) y palmas (PA) llegan a sumar un 39% del área basal total.

En general, el peso de las PA en ambos tipos de bosque fue muy bajo, donde el menor valor promedio observado se presentó en el Bosque caobilla-gavilán presento un 4% que equivale a



1,21 ± 0,07 m<sup>2</sup>/ha. Para el Bosque gavilán-palmas con un 3% del área basal total lo que significó 0,78 ± 0,45 m<sup>2</sup>/ha durante 16 años de observaciones.

En principio, el manejo silvicultural en estos bosques busca obtener mayores volúmenes de especies forestales comerciales, ya que el volumen comercial y el número de individuos relacionados a ese volumen, son dos de los parámetros que definen de la nueva tasa de cosecha, por lo que mantener el potencial del bosque para producir en forma sostenida la madera de las especies y calidades requeridas por el mercado (Louman *et al.* 2006), son elementos fundamentales considerados por el MFS.

Por lo tanto, la clave de la producción forestal según Wadsworth (2000) no se debe centrar en el ecosistema, sino en el crecimiento del árbol, ya que en la medida en que se favorezca el incremento de los mismos, también se contribuirá con el crecimiento del bosque. Por lo que para fijar nuevas tasas de cosecha de árboles o ciclos de corta no deberán aceptarse –entre otras cosas- el crecimiento natural mostrado por el bosque, ya que con intervenciones silviculturales será posible reducir aún más la rotación natural de cosecha. La liberación, como ejemplo, ha triplicado el crecimiento en árboles individuales en Puerto Rico (Wadsworth, 2000); por lo que, la dasonomía tropical sostenible podría convertirse en una herramienta para ayudar a salvaguardar los bosques en las próximas décadas (Hartshorn 2002) y si las oportunidades están en un mejor uso de la masa forestal para producción de madera, por lo tanto la silvicultura será una estrategia importante para mantener y aprovechar esas oportunidades (Louman 2001).

Al considerar la dinámica de los diferentes grupos de interés comercial con énfasis en las especies comerciales, se observó que para el Bosque caobilla-gavilán en la intensidad de cosecha baja el promedio fue de un 60% durante 14 años de observaciones que representa 12,89 ± 1,13 m<sup>2</sup>/ha del área basal total, que a su vez fue mayor al área basal presente antes del aprovechamiento (12,70 m<sup>2</sup>/ha); en la intensidad de cosecha alta, el promedio del área basal para las EC fue de un 68% ó 14,55 ± 1,09 m<sup>2</sup>/ha, siendo esta mayor a la condición inicial de 14,42 m<sup>2</sup>/ha. El leve crecimiento en el peso las EC sobre el área basal total demuestra que para este tipo bosque se originó un mayor beneficio de las prácticas silviculturales.

La abundancia de las EC en la intensidad de cosecha baja en el Bosque caobilla-gavilán mantuvo en promedio, después del aprovechamiento, un 76% del área basal total reportada durante el período de observación, que representó 18,95 ± 0,6 m<sup>2</sup>/ha, encontrándose cerca de

los 18,97 m<sup>2</sup>/ha observados antes del aprovechamiento; por su parte, la intensidad de cosecha alta fue capaz de mantener en promedio 18,08 ± 1,83 m<sup>2</sup>/ha (70%) durante 14 años de observación, donde este valor es menor, en 4 m<sup>2</sup>/ha, al reportado antes del aprovechamiento (22,0 m<sup>2</sup>/ha). No obstante, a pesar de que ambos valores se asemejan a los 18,58 ± 1,04 m<sup>2</sup>/ha observados en los bosques no manejados, también son capaces de mantener durante el tiempo porcentajes similares a los reportados por la condición inicial del bosque (antes del aprovechamiento), demostrando que el aprovechamiento y los tratamientos silviculturales son capaces de mantener el peso de los diferentes de grupos interés.

### **3.3.5. Implicaciones de la intensidad de cosecha sobre la diversidad florística por tipo de bosque**

La base para un análisis objetivo de la biodiversidad y su cambio reside en su correcta evaluación y monitoreo (Moreno 2001); que de acuerdo a la misma autora en la obtención de parámetros completos que puedan medir la diversidad de especies en un hábitat, es recomendable cuantificar el número de especies y su representatividad, que a su vez puede ser representado a través de un índice que permita hacer comparaciones de la diversidad de un mismo hábitat a través del tiempo. Dentro de los cuales se destacan el Índice de Jaccard y el índice de Sorensen, como los más viejos y mayormente usados para índices de similaridad (Chao et ál. 2005).

El índice de Jaccard modificado por Chao et ál. (2005) busca medir a través de una derivación probabilística la similaridad en la diversidad florística, que comparando cada año de observación post-cosecha con la condición inicial del bosque (antes del aprovechamiento), reflejará los cambios producidos en el bosque por el manejo años después de haberse ejecutado el aprovechamiento. En Corinto el año de la condición inicial fue en 1992, para Tirimbina en 1993, para La Montura y La Legua fue en 1992, seguidamente se comparó cada año posterior de medición con la condición base.

En general, el interés de la sociedad hoy en día se centra en que las actividades silvícolas provoquen los menores cambios posibles en la estructura y la composición de los bosques naturales después de que se hayan ejecutado, así como que la calidad y la cantidad de los bienes y servicios ambientales mantengan un nivel aceptado. Por lo tanto, promover menores

cambios sobre la diversidad florística es uno de los principales objetivos de la silvicultura moderna, que además, busca conciliar este fin con el de maximizar la rentabilidad del privado.

El análisis del índice de similaridad por tipo de bosque (Cuadro 10), no mostró cambios significativos para ningún tipo de bosque los cuales permanecieron sin cambios a lo largo del periodo de observación para cada caso, donde en Tirimbina fue de diez años, de 11 años para La Legua, de 13 años para La Montura y de 14 años para Corinto.

Cuadro 10. Cambios de composición florística según el índice de similaridad Chao-Jaccard (2005) para el bosque gavilán-palmas y el bosque caobilla-gavilán. Región Huetar Norte y Atlántica, Costa Rica. Entre paréntesis el error estándar para cada año de comparación.

<b>Bosque gavilán-palmas</b>											
<b>Sitios</b>	<b>Años después de la cosecha</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>14</b>
Corinto 9	Índice Chao-Jaccard	1,00 (0,000)	1,00 (0,000)		1,00 (0,000)	1,00 (0,001)	1,00 (0,003)	1,00 (0,001)	ND	ND	1,00 (0,008)
Tirimbina 2	Índice Chao-Jaccard	1,00 (0,000)	ND	1,00 (0,000)	ND	1,00 (0,000)	ND	ND	1,00 (0,001)	1,00 (0,001)	ND
Tirimbina 4	Índice Chao-Jaccard	1,00 (0,000)	ND	1,00 (0,000)	ND	1,00 (0,000)	ND	ND	1,00 (0,000)	1,00 (0,001)	ND
Tirimbina 1	Índice Chao-Jaccard	1,00 (0,000)	ND	1,00 (0,002)	ND	1,00 (0,005)	ND	ND	1,00 (0,011)	1,00 (0,012)	ND
Tirimbina 6	Índice Chao-Jaccard	1,00 (0,001)	ND	1,00 (0,003)	ND	1,00 (0,007)	ND	ND	0,99 (0,016)	0,98 (0,016)	ND
Tirimbina 7	Índice Chao-Jaccard	1,00 (0,000)	ND	1,00 (0,001)	ND	1,00 (0,001)	ND	ND	1,00 (0,010)	1,00 (0,012)	ND
<b>Bosque caobilla-gavilán</b>											
<b>Sitios</b>	<b>Años después de la cosecha</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>14</b>
La montura	Índice Chao-Jaccard	1,00 (0,000)	ND	1,00 (0,000)	1,00 (0,000)	1,00 (0,000)	1,00 (0,001)	ND	ND	1,00 (0,001)	ND
La Legua	Índice Chao-Jaccard	1,00 (0,000)	1,00 (0,000)	1,00 (0,000)	ND	1,00 (0,000)	1,00 (0,000)	ND	1,00 (0,000)	ND	ND
Corinto 5	Índice Chao-Jaccard	1,00 (0,000)	1,00 (0,000)	ND	1,00 (0,000)	1,00 (0,000)	1,00 (0,000)	1,00 (0,004)	ND	ND	1,00 (0,009)
Corinto 6	Índice Chao-Jaccard	1,00 (0,000)	1,00 (0,000)	ND	1,00 (0,025)	1,00 (0,041)	1,00 (0,059)	1,00 (0,090)	ND	ND	0,92 (0,104)

ND= no se realizó alguna medición en ese año.

### 3.4. Condiciones generales del caso base por tipo de bosque y determinación del ciclo de corta

En este estudio se utilizó información de la caracterización financiera de ocho bosques manejados en la Región Huetar Norte y Atlántica para una nueva cosecha, para lo que se definió el caso base de acuerdo a:

- una distancia de 100 km al patio de aserrio (San José)
- un tipo de inversionista prestamista nacional, con una tasa de descuento de 3,44%. Una vez calculada la TMA para evaluar las inversiones a largo plazo, se procedió a realizar el análisis económico aplicado a las estructuras de costos e ingresos para un ciclo de corta. Para el caso base se utilizó un 3,44% con TMA suponiendo que la mayor parte de los inversionista son dueños del bosque con capacidad de ahorro y con preferencia de ahorrar en depósitos a plazo en cólonos, quienes pueden pagar los costos necesarios para la planificación y ejecución de las labores necesarias para el manejo del bosque.
- la proyección de la producción contempla la dinámica natural del rodal según tipo de bosque e intensidad de cosecha
- se asume los costos de las actividades silviculturales
- no se recibe ningún incentivo o pago por servicio ambiental

Existe un interés constante por parte de la sociedad en demandar bienes y servicios de los bosques manejados y demuestra sus necesidades a través de la definición de normas que traten de salvaguardar la integridad ecológica del bosque. Una de estas normas es fijada por medio de la publicación de los Principios, Criterios e Indicadores para el Manejo de Bosques Naturales y su Certificación en Costa Rica que establece las características biofísicas mínimas de cómo deben quedar los bosques después de una cosecha forestal. No obstante, el interés de la sociedad o público puede ir en contra del interés privado, por lo tanto la rentabilidad del MFS del bosque natural se ve afectada por una serie de factores, que según Navarro (2005) puede dividirse en dos tipos: a) endógenos que se encuentran asociados a la información silvicultural de intensidad de cosecha, aprovechamiento y aplicación de tratamientos silviculturales, entre otros; y b) exógenos que tienen que ver con la institucionalidad del país. Esta serie de factores definirán la aceptación social –que tiene que ver con el interés privado y el público- de usar la tierra para el manejo de bosques o por el contrario cambiar a otros usos con mayores rendimientos económicos.

El interés público se define de acuerdo a uno de los principios básicos que determina que el bosque deberá cosecharse nuevamente en períodos mínimos de 15 años, por lo tanto ese momento se convierte en el punto óptimo de corta según las necesidades de la sociedad. En contraste, el interés del privado se refleja según el esquema que maximice la rentabilidad de

dedicar la tierra al manejo de bosques. El supuesto se basa en que a través del cálculo del Valor de Bosque se establece la voluntad de pago que un inversionista está dispuesto a ofrecer por la tierra para dedicarla al manejo de bosques y ganar al menos el retorno sobre el capital invertido a la tasa mínima aceptable de descuento (Navarro 2005), por lo tanto el interés de la sociedad se ve reflejado a través de la normalización de las cosechas en períodos de 15 años, donde la rentabilidad alcanzada en ese momento va a definir el costo de oportunidad identificado por el interés público para cada inversionista de acuerdo a un ciclo de corta normativo. Por el contrario, el inversionista privado ve reflejado sus máximos beneficios económicos por medio de la identificación del Ciclo de Corta Económico (CCE).

Por otra parte, es necesario definir durante el ciclo de corta dos diferentes momentos para la toma de decisiones influenciada por las curvas de volumen (Figuras 18 y 19), un primer momento o zona en la cual biológicamente no es sostenible tomar decisiones que abarca desde el año 0 hasta el año 8, principalmente, por las implicaciones que tendría cosechar en periodos cortos y repetidos el bosque; y un segundo momento o zona de toma de decisiones que se da a partir del año 8. Ambas zonas se diferencian en primera instancia por la irregularidad que presenta la curva en la zona de no toma de decisiones donde se dan picos máximo de volumen en edades muy tempranas. Esta tendencia se repite en la función de producción definida por el  $VB_{max}$  del análisis financiero (Figura 22 y 23), por lo tanto las decisiones técnicas-económicas deberán ser tomadas después del año 8 en la zona de toma de decisiones donde podría encontrarse el puntos de convergencia entre el interés público y el privado.

De acuerdo a la zona de toma de decisiones, el VB para el bosque gavián-palmas (Figura 22) en la intensidad de cosecha baja y en la alta cosecha no superó el precio de mercado de terrenos con bosque de 600.000 ¢/ha. Que de acuerdo al criterio de aceptación, la inversión no es rentable para ninguna de las dos condiciones. En el bosque caobilla-gavián la intensidad de cosecha baja no fue capaz de superar el PB bajo, caso contrario sucede en la cosecha alta que es capaz de superar después del año 11 el PB bajo, por lo que esta condición es rentable de acuerdo al criterio de aceptación. No obstante, ninguna de las cuatro condiciones llegan a superar el PB promedio (1.500.000 ¢/ha) aspecto que demuestra una baja rentabilidad del MFS, esta situación se agrava cuando existe una fuerte presión por la tierra para sembrar piña generando un constante aumento en los precios durante los últimos años en el país.

En general, la rentabilidad empieza a disminuir llegando a alcanzar VB bajos que pueden alcanzar el cero o por debajo de cero con valores negativos como fue el caso de la intensidad baja de cosecha del bosque caobilla-gavilán. Sin embargo, las diferencias marginales entre los VB empiezan a ser menor a partir del año ocho.

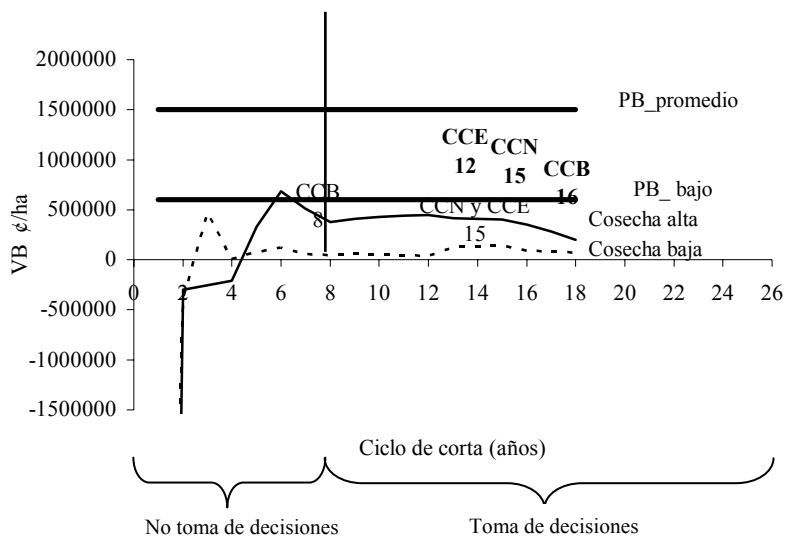


Figura 22. Variación del VB de acuerdo a la intensidad de cosecha para el bosque gavián-palmas. Región Huetar Norte y Atlántica, Costa Rica.

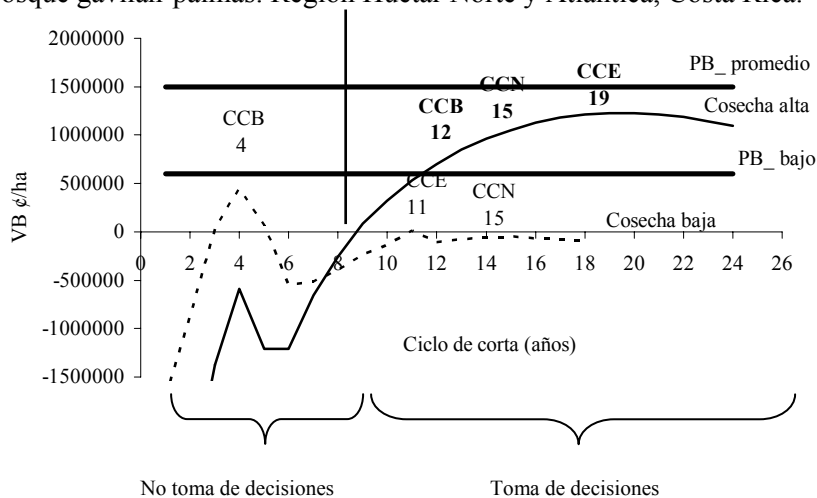


Figura 23. Variación del VB de acuerdo a la intensidad de cosecha para el bosque caobilla-gavilán. Región Huetar Norte y Atlántica, Costa Rica.

El ciclo de corta (CC) puede verse como los años de intervalo de retorno entre aprovechamientos en una misma área (Fredericksen 2003), en primera instancia el CC corresponde al año, en el cual los árboles remanentes sustituyen el área basal (Dauber 2003),

el número de árboles o el volumen cosechado en el aprovechamiento; o por el contrario, el CC puede definirse bajo el principio de que solo se podrá cosechar el crecimiento del bosque producido después del aprovechamiento en un tiempo definido. En ambos casos, existen diversas opciones para definirlo de acuerdo al número de árboles, al área basal o al volumen, para árboles mayores a un DMC (definido en cada caso) o para árboles con más de 10 cm de dap. Estos, sin embargo, se encuentran relacionados a la determinación del CC silvicultural dado por la expectativa de recuperación del ecosistema. Por el contrario, existen diferentes tipos de CC que dependen del tipo de sistema silvicultural y los objetivos del manejo forestal, entre otros criterios (Navarro 2005); por ejemplo, el CC tecnológico trata de obtener la máxima cantidad de un producto determinado (Jiménez et ál. *s.f.*) o el CC económico que optimiza el uso de los capitales utilizados en la inversión (K, tierra, madera) y que maximiza el valor presente de todos los CC futuros de un sistema de producción forestal (Navarro 2005).

Por otra parte, la capacidad de recuperación de los niveles iniciales del área basal, del número de árboles o del volumen se encuentra asociada al grado de intervención forestal, y a la capacidad productiva del sitio. Fredericksen (1998) menciona que existen parámetros que describen el comportamiento del incremento y que están determinados por una serie de condiciones particulares de cada población tales como: factores genéticos, ambientales, de vigor, de competencia y de edad, que definen las condiciones propias del tipo de bosque.

Además, la identificación del momento óptimo para realizar una nueva cosecha bajo un esquema de manejo policíclico de bosques se encuentra asociado a una serie de condiciones que van más allá de ver individualmente solo los aspectos normativos, ecológicos o financieros del manejo de bosques, el ciclo de corta óptimo tiene que definirse de acuerdo a la combinación de esos criterios. Ya que, si el criterio para definir la nueva cosecha fuera el establecido en la Ley Forestal 7575, que menciona que el ciclo de corta es cada 15 años (CCN), entonces se tendría que el  $VB_m$  para el CCN (Cuadro 11) identificado en las diferentes condiciones es menor al VB del CCE. Para el bosque gavilán-palmas en la intensidad de cosecha baja se alcanzaron tanto el CCE como el CCN a los 15 años con un VB de 143.000  $\text{¢/ha}$ . En la intensidad de cosecha alta la reducción en la rentabilidad es de 44.008  $\text{¢/ha}$ , al pasar de un VB de 447.912  $\text{¢/ha}$  en el CCE a un VB de 403.904  $\text{¢/ha}$  en el CCN para una diferencia de tres años entre cada tipo de ciclo de corta.

Asimismo, la rentabilidad del manejo en el bosque caobilla-gavilán se redujó en 36.189 ¢/ha al esperar alcanzar el CCN en la intensidad de cosecha baja, ya que se pasó de un VB de 14.277 ¢/ha en el CCE a la edad de 11 años a un VB de -50.466 ¢/ha en el CCN con una diferencia entre ciclos de cuatro años. En la intensidad de cosecha alta la disminución de la rentabilidad es de 179.495 ¢/ha, entre el VB del CCE con 1.228.146 ¢/ha y el VB del CCN con 1.048.651 ¢/ha; es necesario recalcar que para este caso se hace más rentable esperar cuatro años en el CCE alcanzado a los 19 años que cosechar a los 15 años de acuerdo al CCN, esta diferencia se encuentra asociada a la curva del volumen disponible que presenta una pendiente positiva aún después de los 15 años de haberse realizado el aprovechamiento del bosque.

Cuadro 11. Cálculo del VB para el caso base y determinación del ciclo de corta económico por tipo de bosque e intensidad de cosecha para una TMA de 3,44%. Región Huetar Norte y Atlántica, Costa Rica.

Tipo de Bosque	Intensidad de cosecha	CC Económico <sup>1</sup>	CC Biológico <sup>2</sup>	CC Normativo <sup>3</sup>
		VB <sub>m</sub> (colones/ha)		
gavilán-palmas	Baja	143.001 CC15	44.814 CC 8	143.000 CC15
	Alta	447.912 CC12	351.580 CC 16	403.904 CC15
caobilla-gavilán	Baja	14.277 CC11	450.141 CC 4	-50.466 CC15
	Alta	1.228.146 CC19	696.353 CC 12	1.048.651 CC15

<sup>1</sup>: Caso base, sin PSA, <sup>2</sup>:El CCB está definido por el momento en que el bosque es capaz de recuperar los valores iniciales del área basal para los árboles  $\geq 10$  cm de dap que fueron calculados en artículo 1 de este estudio., <sup>3</sup>: Definido por la norma en 15 años.

La determinación del VB en cada CC varía de acuerdo a diferentes momentos. La condición de las intensidades de cosecha baja alcanzó el CCB de manera más temprana que el CCE y el CCN, los cuales se encuentran por debajo del precio del bosque; a diferencia de las intensidades de cosecha alta que el CCE es más rentable que el CCB.

La tendencia mostrada por la intensidad de cosecha alta en el bosque caobilla-gavilán, viene a constituir la excepción de lo observado por el resto de las condiciones, la que se encuentra influenciada por una mayor disposición de aportar volumen comercial en cada nuevo año que transcurre en el ciclo de corta -que de acuerdo a la curva de volumen- que es capaz de aportar en promedio unos tres metros cúbicos de madera en cada nuevo año, aunque el aporte marginal comienza a descender a medida que pasan los años. Por lo tanto, la función de



producción muestra el punto de inflexión a la edad de 19 años donde el incremento de volumen comercial disponible en cada año comience a descender.

### **3.5. Análisis de sensibilidad**

El análisis mantiene la condición *ceteris paribus* en la cual sólo se varió uno de los factores, mientras los demás permanecieron constantes, para este caso se utilizaron dos factores endógenos: tipo de bosque e intensidad de cosecha; y dos factores exógenos: tasa de descuento del inversionista y la variación en el esquema del PSA. Para evaluar la rentabilidad de la inversión de manejar los bosques a través del Valor Esperado del Bosque Máximo ( $VB_m$ ) se definió como criterio de aceptación la comparación del resultado con el precio de la tierra, que para la zona de estudio se reportó un precio menor de 600.000 ¢/ha y un precio máximo de 3.000.000 ¢/ha, que se encuentra asociado a una serie de factores como cercanía a mercados o la demanda de la tierra para la producción de piña, entre otros.

El análisis de inversión se fijó a través de la variación de los siguientes factores:

- Variación en la intensidad de cosecha por tipo de bosque (menor al 10% o mayor al 10%).
- Variación en la tasa de descuento de acuerdo a tres tipos de inversionistas (1,62%; 3,44% ó 10,1%).
- Variación en el Precio Implícito de la madera (variación en el costo de transporte) a Ciudad Quesada (40 km), San José (100 km) y Cartago (122 km).
- Variación en la forma de implementar el PSA (no PSA; pago por un contrato desde el año cero hasta el año cinco (PSA1); pago por un contrato desde el año dos hasta el año siete (PSA2) y pago por un contrato desde el año seis hasta el año diez (PSA3).

#### **3.5.1. Precio implícito de la madera en pie de acuerdo al grupo comercial**

El Precio implícito de la madera en pie (PIMP) varió de acuerdo a tres diferentes puntos de venta en patio de aserradero donde los costos de corta y extracción se mantuvieron constantes variándose únicamente el costo asociado al transporte de la madera a los diferentes puntos de venta, los que variaron entre 20 y 30 colones por pulgada maderera tica (Pmt) según los reportes hechos por los encuestados (Cuadro 12), esta variación en el PIMP se da en función del acceso a los mercados, que a mayor distancia, mayores costos de transporte por ende menor el PIMP de la madera en pie (Navarro 2005 ). Que de acuerdo a los precios obtenidos

de la venta en patio de industria se le restó los costos de corta, extracción, carga y transporte, obteniéndose el mejor precio promedio en Ciudad Quesada a una distancia de 40 km desde el bosque y el menor precio se reportó en Cartago que se encuentra a 122 km del bosque.

Cuadro 12. Determinación del precio implícito de la madera (¢/Pmt) proveniente de la zona de estudio de acuerdo al lugar de venta en patio de aserradero. Región Huetar Norte y Atlántica, Costa Rica.

Lugar	Corta	Extracción y carga	Transporte	Especie	Precio en patio de aserrío	Precio implícito de la madera en pie <sup>1</sup>
					(¢/Pmt)	
Ciudad Quesada (40 km)	5,25	28,6	20	Caobilla	200	146
				Gavilán	160	106
				Semiduro	142	88
				Blanca	124	70
San José (100 km)	5,25	28,6	27	Caobilla	200	139
				Gavilán	160	99
				Semiduro	142	81
				Blanca	124	63
Cartago (122 km)	5,25	28,6	30	Caobilla	200	136
				Gavilán	160	96
				Semiduro	142	78
				Blanca	124	60

<sup>1</sup> = El precio implícito de la madera en pie se estableció con base en precios promedios a escala local y pueden variar dependiendo de las condiciones de acceso, calidad de la madera y transporte al patio del aserradero.

### 3.5.2. Determinación de la Tasa de descuento por tipo de inversionista

La TMA representa la tasa de retorno de la mejor alternativa de inversión a la que se renuncia, es decir, su preferencia por el presente y su magnitud se utiliza para caracterizar las preferencias particulares e intertemporales del inversionista (Navarro 2005). Es una medida de impaciencia a esperar por el retorno a largo plazo y está relacionada con el nivel de liquidez. Donde, la escogencia de la TMA no solo determina la aceptación de un proyecto o no, sino que influye también en proyectos que se encuentran en desarrollo (Filius 1992). La tasa mínima aceptable (TMA) de descuento representa las preferencias del inversionista; en estudios donde se modela la producción a largo plazo es muy importante establecer la TMA con la cual podemos medir el costo de oportunidad del capital utilizado en la inversión. Para esto fue necesario preguntar a los dueños cuáles eran sus inversiones actuales con rentabilidades más bajas, así como los tipos de inversión que actualmente se encontraban desarrollando como: depósito de inversión a plazo en dólares o colones o cuentas de ahorro.

De acuerdo a la caracterización de los propietarios de bosques en la zona de estudio, estos manifestaron tener inversiones de certificados de depósitos a plazo en colones en períodos no mayores a tres meses con una tasa de interés o cuentas de ahorro del 9%, certificados de depósitos a plazo anuales en colones a una tasa de interés de un 11%, así como una tasa nominal de préstamos para actividades de agricultura y ganadería de un 18,28%, según lo fijado por el Banco Nacional de Costa Rica del año 2006. Por lo que se pudo caracterizar a tres tipos de inversionistas:

a) inversionista prestamista-paciente (acepta TMA bajas): dueño del bosque que tiene inversiones en otras actividades productivas con capacidad de ahorro y preferencia en ahorrar en inversiones a la vista, depósitos a plazo en colones de tres meses, cuentas corrientes o de ahorro. Puede invertir en manejo de bosques con una tasa real 1,62%.

b) inversionista prestamista nacional (requiere TMA más altas): es más impaciente o tiene algunas limitaciones de liquidez, es dueño del bosque con capacidad de ahorro y con preferencia de ahorrar en depósitos a plazo en colones, puede pagar los costos necesarios para la planificación y ejecución de las labores necesarias para el manejo del bosque, a una tasa real de 3,44%.

c) inversionista deudor (requiere una TMA alta): dueño del bosque pero no tiene capacidad de ahorro y necesita de intervenciones más prontas en el bosque con el objetivo de que la producción forestal aporte más ingresos en el flujo de caja dentro de la economía familiar. Para llevar a cabo las labores del manejo de bosques necesitaria solicitar un préstamo en colones para el sector de agricultura y ganadería o ser subsidiado por alguna ONG en la inversión necesaria para realizar las labores de manejo de bosques con una tasa real de 10,1%.

Esto incluyendo el riesgo de inversión (1%) y el riesgo político (1%) que se encuentran asociados a una veda administrativa de que los planes de manejo no sean aprobados en un plazo de tiempo oportuno, restandole rentabilidad a la actividad desde el punto de vista del inversionista privado que tiene un costo de oportunidad asociado al manejo de bosques.

### **3.5.3. Cálculo del $VB_m$ según el precio implícito de la madera**

El precio de la madera se relacionó con el punto de venta y la distancia a la que se encuentra del bosque, que para Ciudad Quesada (a unos 40 km del bosque) el costo del transporte fue de  $\text{¢}20/\text{Pmt}$ , para San José fue de  $\text{¢}27/\text{Pmt}$  y para Cartago de  $\text{¢}30/\text{Pmt}$ . El vender en Ciudad

Quesada representa una diferencia de  $\text{¢}7/\text{Pmt}$  esto es un 32% más costoso a la hora de vender en San José, no obstante vender en Cartago es un 10% más costoso que vender en San José lo que significó un aumento de  $\text{¢}3/\text{Pmt}$ .

Supuestos:

- 1) Bosques con costos de la aplicación de tratamientos silviculturales que no reciben PSA
- 2) Tasa de descuento igual a 3,44% que corresponde a un tipo de inversionista medio; con un premium por riesgo político de un 1%.
- 3) Precio implícito de la madera varía de acuerdo a las distancias de patio de aserradero a Ciudad Quesada (40 km), San José (100 km) y Cartago (122 km)

De acuerdo al criterio de selección del VB el manejo es rentable solamente bajo la condición de alta cosecha en el bosque caobilla-gavilán (Cuadro 13), ya que sin importar el punto de venta el  $\text{VB}_m$  llega a ser mayor al precio inferior de mercado de la tierra (600.000  $\text{¢}/\text{ha}$ ). Donde la rentabilidad baja al cambiar el punto de venta, con una máxima rentabilidad de 1.343.025  $\text{¢}/\text{ha}$  cuando es en Ciudad Quesada (a 40 km del bosque), en la condición base fue de 1.228.146  $\text{¢}/\text{ha}$  con un aumento de 60 km y llevar la madera hasta Cartago hace que la rentabilidad sea de 1.178.912  $\text{¢}/\text{ha}$ , lo que significó una disminución de 49.234  $\text{¢}/\text{ha}$  al compararlo con el caso base. No obstante, para el resto de las condiciones el  $\text{VB}_m$  nunca llegó a superar al precio inferior de mercado de la tierra reportado para la zona, llegando a ser mínimo en el bosque caobilla-gavilán para la intensidad de cosecha baja y vendiendo en Cartago con 1.265  $\text{¢}/\text{ha}$  y para el bosque gavilán-palmas fue de 126.954  $\text{¢}/\text{ha}$  cuando se vende en la misma ciudad y en la condición de intensidad de cosecha baja.

Cuadro 13. Cálculo del  $\text{VB}_m$  para diferentes PIMP por tipo de bosque e intensidad de cosecha para una TMA de 3,44%. Región Huetar Norte y Atlántica, Costa Rica.

Tipo de Bosque	Intensidad de cosecha	Ciudad Quesada (40 km)	San José (100 km)	Cartago (122 km)
		$\text{VB}_m$ (colones/ha)		
bosque gavilán-palmas	Baja	180.442 CC15	143.001 CC15	126.954 C15
	Alta	510.393 CC12	447.912 CC12	421.134 CC12

<b>bosque caobilla-gavilán</b>	Baja	44.636 CC11	14.277 CC11	1.265 CC11
	Alta	1.343.025 CC19	1.228.146 CC19	1.178.912 CC19

Por otra parte, en la Figura 24 se muestra que para una intensidad de cosecha baja en el bosque gavilán-palmas ninguno de los puntos venta (sugeridos) hace rentable el manejo, aún cuando la distancia al mercado es cero la rentabilidad no llega a superar el PB inferior donde la máxima rentabilidad posible llega a rondar los 200.000  $\text{¢/ha}$ ; en la intensidad de cosecha alta a distancias de mercado cercanas a cero el valor máximo llega a ser de 550.000  $\text{¢/ha}$  el que se encuentra por debajo del criterio de aceptación.

En el bosque caobilla-gavilán (Figura 25), la intensidad de cosecha baja se comporta de manera similar a la del bosque gavilán-palmas, ya que muestra un VB por debajo del criterio de aceptación para los tres puntos de venta sugeridos y una rentabilidad que nunca llega a superar el criterio de aceptación ni a distancias de mercado cercanas a cero. En contraposición, la intensidad de cosecha alta reportó una VB por encima de los 600.000  $\text{¢/ha}$  (precio del bosque inferior) para los tres puntos de venta sugeridos, siendo capaz de soportar una distancia mayor a 120 km y cercana a los unos 400 km de distancia al mercado.

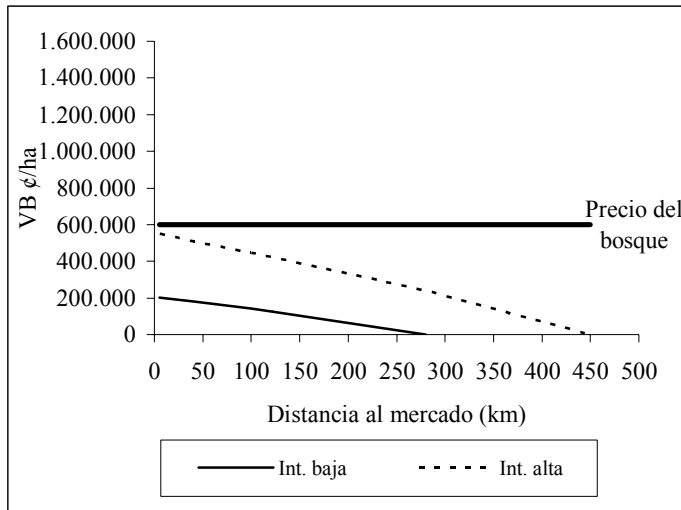


Figura 24. Variación del VB de acuerdo a la distancia de mercado según intensidad de cosecha para el bosque gavilán-palmas. Región Norte y Atlántica, Costa Rica.

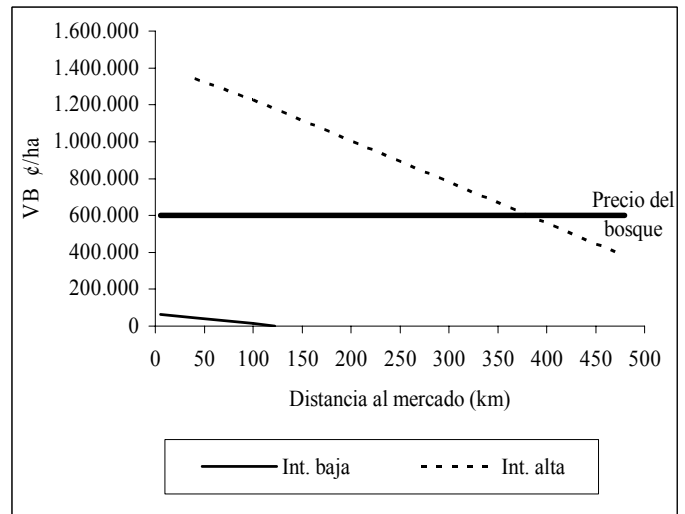


Figura 25. Variación del VB de acuerdo a la distancia de mercado según intensidad de cosecha para el bosque caobilla-gavilán. Región Norte y Atlántica, Costa Rica.

### **3.5.4. Calculo del $VB_m$ por tipo de bosque e intensidad de cosecha según tasa de descuento**

La tasa real de descuento consideró el riesgo de inversión (1%) y el riesgo político (1%), este último se encuentra asociado a la posibilidad de que el plan de manejo no sea aprobado o que sean necesarios más de seis meses para su aprobación. Este riesgo político está influenciado por la veda administrativa y la falta de seguridad jurídica en la aprobación de los permisos para la corta de la madera. Al considerar que la voluntad máxima de pago que un inversionista podría ofrecer por la tierra limpia (sin infraestructura, ni cultivos) para que sea dedicada al sistema productivo evaluado, se encuentra relacionado a que pueda ganar al menos el retorno sobre el capital invertido a la tasa mínima aceptable de descuento (TMA) para cada tipo de inversionista, para esto fue posible caracterizar tres tipos de inversionistas que están realizando manejo policíclico de bosques en la zona con una TMA mínima de 1,62% para un inversionista prestamista-paciente que puede invertir en los costos necesarios para llevar a cabo el plan de manejo; un inversionista prestamista nacional con una TMA de 3,44% que corresponde al caso base y una máxima de 10,1% que representa al inversionista deudor quien necesita de alguna organización que subsidie la elaboración y ejecución del plan de manejo.

Supuestos:

- a) Bosques con costos de la aplicación de tratamientos silviculturales que no reciben PSA.
- b) Tasa de descuento igual a 1,62%; 3,44% y 10,1%; con un premium por riesgo político de un 1% y de riesgo de inversión de un 1%.
- c) Precio implícito de la madera de acuerdo a la distancia al patio de aserradero en San José (100 km).

La tasa de descuento se utiliza bajo el supuesto de que afecta por igual a costos y beneficios producidos por el manejo policíclico de bosques actualizando el flujo de caja para un ciclo de corta de 18 años y 24 años en el caso de la intensidad de cosecha alta en el bosque caobilla-gavilán. Esta influye de manera significativa sobre la rentabilidad del manejo bosques, es así que para una TMA de 1,62% (Cuadro 14) caracterizada por los inversionistas capaces de asumir los costos del manejo de bosques, es rentable para las intensidades de cosecha alta en ambos tipos de bosque. No obstante, cuando la rentabilidad se define de acuerdo al

inversionista prestamista nacional que se representa con una TMA de 3,44%, el VB disminuye en promedio un 58% del VB observado por el inversionista prestamista-paciente (1,62%), sin importar la condición del bosque. Pero al pasar de una TMA de un inversionista prestamista nacional (3,44%) a un inversionista deudor (10,1%) el VB cae un 77% en promedio, hasta alcanzar valores negativos.

Para el bosque gavilán-palmas, la pérdida de rentabilidad entre el inversionista prestamista-paciente y el inversionista deudor fue de 502.664 ¢/ha, y de 1.097.894 ¢/ha, para la intensidad de cosecha baja y alta, respectivamente. Por otra parte, el paso de una TMA para un inversionista prestamista nacional a una TMA de un inversionista deudor provoca que la rentabilidad disminuya 168.613 ¢/ha en la intensidad de cosecha baja y de 383.557 ¢/ha en la de intensidad de cosecha alta. En el bosque caobilla-gavilán el peso en la rentabilidad de pasar de una TMA para un inversionista prestamista-paciente a un inversionista deudor es de 173.676 ¢/ha y de 3.164.300 ¢/ha, para la intensidad de cosecha baja y alta, respectivamente; esto demuestra una alta disminución en la rentabilidad al considerar las características propias del costo de oportunidad del capital para cada tipo de inversionista y de la disposición de invertir o no en el manejo de bosques.

El peso de la TMA sobre la rentabilidad es tan fuerte que fue capaz de hacer caer la rentabilidad en el bosque gavilán-palmas a valores negativos en la intensidad de cosecha baja y de unas 18 veces en la intensidad de cosecha alta, al comparar la rentabilidad de un inversionista prestamista-paciente a un inversionista deudor. Para el bosque caobilla-gavilán la reducción disminuye hasta alcanzar valores negativos en la intensidad de cosecha baja y de 21 veces menos en la rentabilidad para la intensidad de cosecha alta cuando se pasó de una TMA de 1,62% a una TMA de 10,1%. Esta disminución hace que en ninguno de los casos el  $VB_m$  sea mayor al precio inferior de la tierra, cerrando la posibilidad de que bajo estos supuestos la actividad pueda ser rentable.

Por otra parte, el CC se ve poco afectado cuando se aumenta en 1,8% la TMA al pasar de 1,62% a 3,44%, bajo este supuesto los CC se mantienen a excepción de la cosecha alta en el bosque caobilla-gavilán que pasa de un CC a los 21 años a uno de 19 años, respectivamente. No obstante, al considerar una tasa de descuento mayor (con una diferencia de 8,48%) provoca que los CC se vean afectados de manera significativa. Que para el bosque gavilán-palmas el significó una reducción de siete años en el CC al pasar de una TMA de 1,62% a una TMA

10,1%, en la intensidad de cosecha alta la reducción en el CC fue de tres años. No obstante, para el bosque caobilla-gavilán la intensidad de cosecha baja mantuvo el CC en 11 años para ambas tasas de descuento; en contraposición para la intensidad de cosecha alta se dio una reducción de cinco años en el CC.

Cuadro 14. Cálculo del  $VB_m$  por tipo de bosque e intensidad de cosecha para diferentes TMA según inversionista. Región Norte y Atlántica, Costa Rica.

Tipo de Bosque	Intensidad de cosecha	Inversionista prestamista-paciente (1,62%)	Inversionista prestamista-nacional (3,44%)	Inversionista deudor (10,1%)
		$VB_m$ (colones/ha)		
gavilán-palmas	Baja	477.052 CC15	143.001 CC15	-25.612 CC8
	Alta	1.162.249 CC12	447.912 CC12	64.355 CC9
caobilla-gavilán	Baja	129.117 CC11	14.277 CC11	-44.559 CC11
	Alta	3.322.546 CC21	1.228.146 CC19	158.246 CC16

En las Figura 26 y 27 se muestra como para ambos bosques la rentabilidad disminuye a medida que se aumenta la TMA hasta un punto en que no es rentable el manejo de bosques de acuerdo al criterio de aceptación (PB). Este valor es menor a 1% para la intensidad de cosecha baja y para la intensidad de cosecha alta de 3%. Para el Bosque caobilla-gavilán la intensidad de cosecha baja no es rentable a ninguna tasa de descuento y para la intensidad de cosecha fue de un 7% donde la rentabilidad baja hasta valores por debajo del PB. A pesar de esto, es necesario recalcar que sin importar la condición ni el tipo de bosque para una TMA mayor a un 10% los VB prácticamente se igualan entre si hasta alcanzar valores bajos.



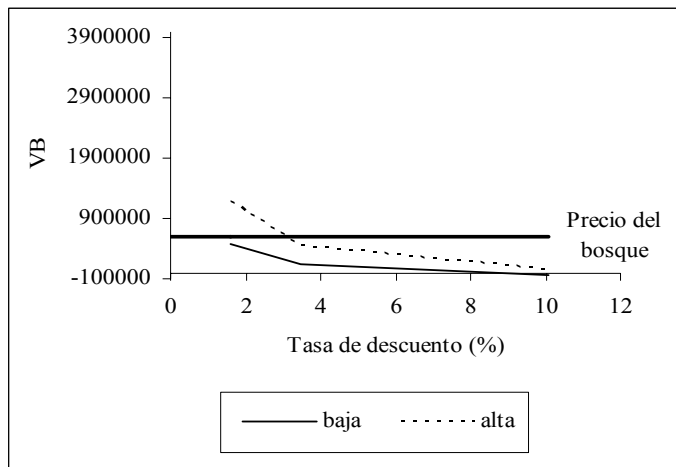


Figura 26. Variación del VB según TMA según intensidad de cosecha para el bosque gavián-palmas. Región Norte y Atlántica, Costa Rica.

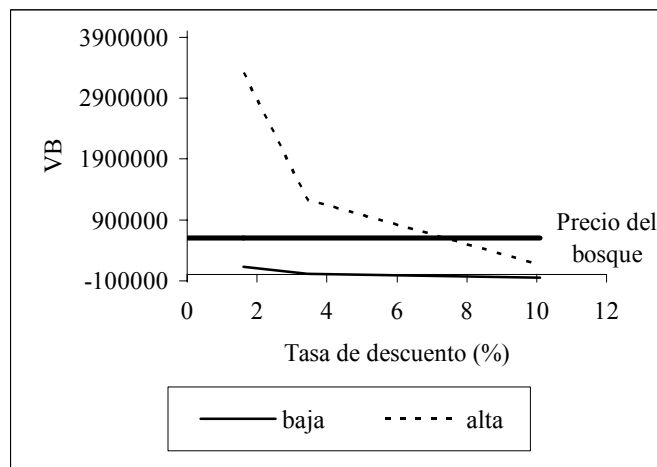


Figura 27. Variación del VB según TMA según intensidad de cosecha para el bosque caobilla-gavián. Región Norte y Atlántica, Costa Rica.

Por otra parte -en promedio- la reducción de un 1% en la TMA es capaz de disminuir la rentabilidad en un 11%, lo que significa alrededor de 179.000  $\text{¢/ha}$ . La disminución en la rentabilidad de un 1% corresponde a 16.869  $\text{¢/ha}$  que es mayor al efecto presentado por el cambio en puntos de venta o distancia a mercado que es de 7268  $\text{¢/ha}$ .

### 3.5.5. Cálculo del $VB_m$ por tipo de bosque e intensidad de cosecha según esquema del PSA

El esquema de PSA consiste en un reconocimiento financiero por parte del Estado, a través del Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO), a los propietarios y poseedores de bosques, por los servicios ambientales que éstos proveen. En el caso del manejo de bosques, se dejó de reconocer el PSA a partir del año 2003, por lo que se consideró un PSA igual al de Conservación de Bosques por un monto de 32.863  $\text{¢/ha}$  para el año 2006 y una reducción del 12% en monto por regencias forestales.

Supuestos:

- 4) Bosques con costos de la aplicación de tratamientos silviculturales con diferentes esquemas de PSA durante el ciclo de corta oficial
  - i. 0-5 años (1 vez PSA)
  - ii. 2-7 años (1 vez PSA)
  - iii. 6-10 años (1 vez PSA)

- 5) Tasa de descuento igual a 3,44%; con un premium por riesgo político de un 1%
- 6) Precio implícito de la madera de acuerdo a las distancias al patio de aserradero en San José (101 km)

El PSA muestra un efecto positivo sobre la rentabilidad en el manejo de bosques, sin importar la condición del bosque; sin embargo el esquema o forma de a ser efectivo el pago llega a convertirse en un facto mas importante por tomar en cuenta, es así como el mayor beneficio se dio cuando el PSA se realizó a partir del año 0 (después del aprovechamiento), le sigue cuando el PSA se efectúa en el año dos después del aprovechamiento y por último, el menor peso sobre la rentabilidad lo tiene el realizar el PSA después del año cinco tiene. Louman et ál. (2005) han demostrado que el PSA por sí solo aumenta los beneficios en comparación a aquellos bosques que no han recibido el PSA, reduciendo el impacto de las actividades extractivas, mejorando la seguridad de tenencia de la tierra y el acceso a servicios técnicos y financieros, así como la percepción de los dueños en cuanto a los beneficios del bosque.

Al comparar el  $VB_m$  del caso base con respecto a los  $VB_m$  de los diferentes esquemas de PSA (Cuadro 15), se observa que las mayores diferencias se dan entre el caso base y el esquema de PSA 1 que para la intensidad de cosecha baja reportan máximos valores de 452.945 ¢/ha y 420.562 ¢/ha, en el bosque gavilán-palmas y el bosque caobilla-gavilán, respectivamente; para la intensidad de cosecha alta se dieron diferencias de 481.888 ¢/ha para el bosque gavilán-palmas y de 275.634 ¢/ha para el bosque caobilla-gavilán. Por otra parte, las menores diferencias de los  $VB_m$  se dieron entre el caso base y el esquema de PSA 3.

En el caso del bosque gavilán-palmas el CC disminuye con el PSA al compararlo con el caso base para ambas intensidades de cosecha. Sin embargo, para el bosque caobilla-gavilán el CC se mantiene en 11 años y 19 años para la intensidad de cosecha baja y alta, respectivamente; al comparar el caso base con los diferentes escenarios de PSA analizados.

Cuadro 15. Determinación del  $VB_m$  para diferentes esquemas de reconocer el PSA en un ciclo de corta oficial. Región Norte y Atlántica, Costa Rica.

Tipo de bosque	Intensidad de cosecha	Caso base <sup>1</sup>	Esquema PSA 1 (0-5 años) <sup>2</sup>	Esquema PSA 2 (2-7 años) <sup>3</sup>	Esquema PSA 3 (6-10 años) <sup>4</sup>
		<b><math>VB_m</math> (colones/ha)</b>			
Bosque gavilán-palmas	Baja	143.001 CC15	595.946 CC8	547.183 CC8	431.147 CC13
	Alta	447.912 CC12	929.800 CC8	881.038 CC8	802.133 CC10
Bosque caobilla-gavilán	Baja	14.277 CC11	434.839 CC11	398.563 CC11	369.338 CC11
	Alta	1.228.146 CC19	1.503.780 CC19	1.485.732 CC19	1.460.852 CC19

<sup>1</sup>: no se recibe ningún PSA, <sup>2</sup>: el PSA se hace en el mismo momento del aprovechamiento y por sólo un contrato, <sup>3</sup>: el PSA se hace a partir del segundo año después del aprovechamiento y por sólo un contrato, <sup>4</sup>: el PSA se hace a partir del año seis después del aprovechamiento y por sólo un contrato.

Al comparar el esquema de PSA 1 y el PSA 2 con el caso base, se observa que el realizar el PSA dos años después del aprovechamiento (PSA 2) el beneficio sobre la rentabilidad es menor que efectuarlo desde el mismo momento en que se lleva a cabo el aprovechamiento (PSA 1), lo que se debe principalmente a que en esos primeros dos años es donde se llevan a cabo los mayores costos para la ejecución de tramitología para el desarrollo del plan de manejo y de la aplicación de las labores silviculturales.

En general, el beneficio del PSA es mayor para las condiciones menos rentables, es así que para el bosque gavilán-palmas con una intensidad baja de cosecha aumenta la rentabilidad en unas 4 veces y para la intensidad de cosecha alta de unas dos veces, al comparalas con el caso base. En el bosque caobilla-gavilán, para la intensidad de cosecha baja se repite el fuerte impacto que tiene el PSA sobre la rentabilidad al compararlo con el caso base. En contraposición para la intensidad de cosecha alta el peso sobre la rentabilidad es menor al compararlo con el caso base.

La variación del  $VB_m$  de acuerdo al esquema de PSA en el bosque gavilán-palmas se representa en la Figura 24, donde se observa que las curvas para ambas intensidades de cosechas presentan una pendiente positiva. Donde se puede observar que bajo cualquier esquema de PSA la actividad es rentable para la intensidad de cosecha alta de acuerdo al criterio de aceptación y para la intensidad de cosecha alta solamente bajo el esquema de PSA1

la actividad puede ser aceptada llegando a alcanzar VB cercanos a 600.000 ¢/ha. Por otra parte, para el bosque caobilla-gavilán (Figura 25) el aplicar algún esquema de PSA no llega nunca a mejorar la rentabilidad del manejo de bosques en el caso de la intensidad de cosecha baja; no obstante el peso de cómo realizar el PSA es menor sobre la intensidad de cosecha alta que sin importar el escenario es capaz de reportar VB mayores al PB, donde muestra una pendiente prácticamente horizontal al considerar los diferentes esquemas de PSA.

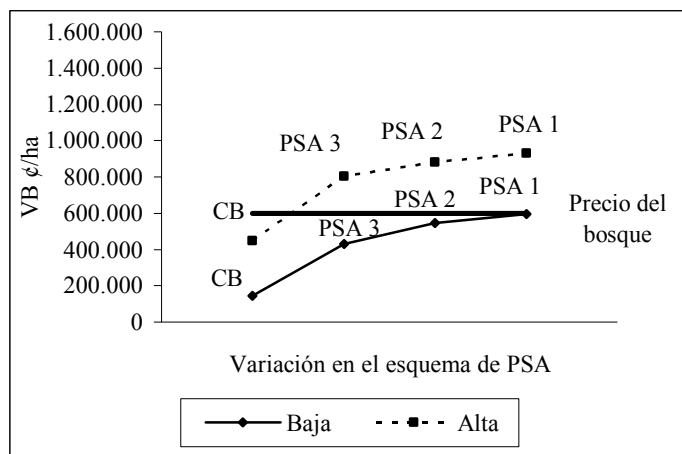


Figura 28. Variación del VB según esquema de PSA por intensidad de cosecha para el bosque gavilán-palmas. Región Norte y Atlántica, Costa Rica.

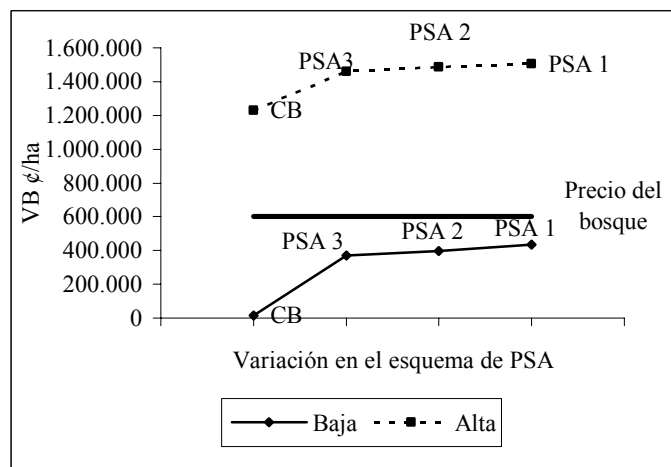


Figura 29. Variación del VB según esquema de PSA por intensidad de cosecha para el bosque caobilla-gavilán. Región Norte y Atlántica, Costa Rica.

El efecto que tiene el PSA sobre el flujo de caja a partir del año cero hasta el año cinco es más positivo que el PSA después del año seis de haberse ejecutado el aprovechamiento, principalmente por los costos asociados a la aplicación de tratamientos silviculturales en ese período, es así como el  $VB_m$  siempre es mayor cuando el pago se hace desde el año cero, que cuando el PSA se hace a partir del año seis donde no se reportan costos asociados al manejo silvicultural. Sin importar las veces que se haga el PSA en un CCN (una o dos veces en períodos de cinco años) el peso sobre la rentabilidad es menor que si el PSA se hace desde el año cero.

Es importante mencionar que para los tres esquemas de PSA el pago sólo se hace por un contrato de cinco años, donde lo más importante para mejorar la rentabilidad es la manera de cuando se realice el PSA. Es así como efectuar el PSA al año dos después del aprovechamiento (PSA 2) tiene un efecto positivo pero menor que el realizar el PSA desde el año 0 (PSA 1), por lo que hace más rentable la actividad de manejar bosques. Lo anterior establece las bases financieras para cuestionar la pertinencia de realizar el PSA fijada norma

en FONAFIFO de pagar a los dos años después del aprovechamiento, ya que esta política viene a disminuir la rentabilidad de la actividad.

### **3.6. Identificación del factor con mayor peso sobre la rentabilidad del manejo de bosques**

La rentabilidad del manejo de bosques se ve influenciada –como ya se menciona - por una serie de factores que, a su vez, tienen un peso diferenciado según la condición del bosque; ya que la relación de esta serie de factores van a definir para cada caso cual sería el punto óptimo en que el dueño estaría dispuesto a seguir manteniendo el bosque como uso competitivo de la tierra, donde se trata de definir los rangos en que la aceptación social del manejo sostenible del bosque es posible desde el punto de vista privado y de acuerdo a las necesidades de la sociedad en cuanto a la demanda de bienes y servicios del bosque.

La decisión de favorecer las demandas planteadas por la sociedad a los bosques manejados; normalmente, está relacionado a ciclos de corta más largos que van en detrimento de la rentabilidad del privado (dueño del bosque), es así como el CCE que representa el interés privado se está alcanzado años antes que el CCN que viene a representar el interés de la sociedad en mantener –por lo menos 15 años- los bosques sin nuevas intervenciones. Bajo ese supuesto, el interés privado se ve desfavorecido por la demanda del interés público, por lo tanto para contrarrestar esta desventaja la sociedad ha diseñado el esquema de PSA como mecanismo financiero que compense el uso de los bienes y servicios producidos por los ecosistemas forestales, tratando de mejorar la rentabilidad del manejo de bosques.

En general, el PSA viene a mejorar la rentabilidad del manejo de bosques cuando el ingreso por venta de la madera es bajo (intensidad de cosecha baja), no obstante cuando el ingreso por venta de madera es alto (intensidad de cosecha alta) el efecto del PSA sobre la rentabilidad se ve disminuido. Sin embargo, el mayor beneficio identificado del PSA sobre la rentabilidad del manejo de bosques se ve influenciado en la forma de hacer el efectivo el PSA, relacionándose al ¿Cuándo? y no tanto el ¿Cómo? ya que, al pagar un solo contrato de PSA durante el CCN, el mejor esquema observado se dio cuando el PSA se realizó desde el año cero que corresponde al mismo momento del aprovechamiento. Los ingresos productos del PSA a partir del año cero contrarrestan de manera más positiva a los egresos producidos por la tramitación y las actividades silviculturales que demanda llevar a cabo el plan de manejo.

Por otra parte, al diferenciar los puntos de venta de la madera -que determinan el Precio Implícito de la madera en pie- no representa cambios significativos en la rentabilidad debido a las distancias, relativamente, tan cortas que se dan entre los sitios de venta. Los costos del transporte de la madera no varían tan fuertemente como para cambiar la rentabilidad entre sitios.

La voluntad de pago de los tres tipos de inversionistas identificados en el estudio se refleja en ganar al menos el retorno sobre el capital invertido a la TMA del inversionista (Navarro 2005), la variación en la TMA tiene el efecto más fuerte sobre la rentabilidad, ya que al pasar de una TMA de 1,62% (inversionista prestamista-paciente) a una TMA de un inversionista de 10,1% (inversionista deudor) hace caer abruptamente la rentabilidad; tal es el caso de las intensidades de cosecha alta que presentan un VB por encima del PB cuando se analiza con una TMA de 1,62%; no obstante al pasar a una TMA de 10,1% el VB cae muy por debajo del PB provocando que la actividad no pueda ser rentable de acuerdo al criterio de aceptación. De igual manera, en las intensidades de cosecha alta el CC cae de 12 años a 9 años en el bosque gavilán-palmas y de un CC de 21 años a 16 años en el bosque caobilla-gavilán cuando se pasa de una TMA de 1,62% a una TMA de 10,1%.

Los factores identificados en este estudio presentaron individualmente pesos diferentes sobre la rentabilidad del manejo de bosques. Se comprobó que la TMA es el factor que más hace variar la rentabilidad al compararse al PIMP y al PSA, debido a que el aumento de un 6,66% en la TMA según la TMA de 3,44% en el caso base provoca que la rentabilidad disminuya en promedio 420.227 ¢/ha, que se encuentra por encima a la disminución de 407.527 ¢/ha que produce el esquema de PSA que más rentabiliza la actividad y por último subir en 22 km la distancia al mercado disminuyó en 26.268 ¢/ha el VB.

Por lo tanto, la identificación de modelos sostenibles de manejo de bosques se encuentran asociados a la percepción que tiene cada tipo de inversionista sobre la actividad forestal, que a su vez define la aceptación social de mantener el bosque como uso competitivo de la tierra en lugares donde el PB es bajo (600.000/ha); ya que para los sitios donde el PB fue alto (4.000.000 ha) el VB no llega a ser rentable para ninguno de los casos estudiados, ya que el costo de oportunidad de la tierra en la zona lo están definiendo otros usos alternativos al bosque como piña o algunos cultivos altamente rentables. En este caso es necesario buscar mecanismos que traten de equilibrar financieramente la actividad forestal en los lugares donde

el bosque compite con otros usos más rentables y de acuerdo a la voluntad de pago del inversionista que tiene un alto efecto sobre el VB.

### 3.8. Percepción y aceptación social del manejo de bosques

La disposición de manejar sosteniblemente un bosque o no, trasciende más allá de criterios legales, técnicos, económicos o ecológicos, más bien es la combinación de estos criterios que, asociados a los valores culturales que poseen los dueños del bosque, son lo que van influir directamente en la decisión de dedicarse a la actividad o por el contrario invertir en otras actividades por lo tanto esta mezcla de factores se puede considerar como la percepción social de manejar sosteniblemente un bosque. No obstante, esta percepción social ha sido modificada durante las últimas dos décadas, pero además es capaz de variar geográficamente de un sitio a otro, influenciada principalmente por el costo de oportunidad de la tierra. Con respecto de lo anterior, la voluntad de pago de un inversionista cuyo bosque se encuentra lejos del mercado, sin caminos de acceso o donde el mercado no ejerce presión sobre el cambio de uso de la tierra será menor, debido a que el precio de mercado del bosque bajo esas condiciones es más bajo que en bosques donde el mercado está cerca.

Para la zona de estudio el PB inferior fue de 600.000 ¢/ha, caso contrario sucedió con los bosques donde las tierras aledañas actualmente se dedican a la producción de piña, y donde se reportó un PB superior a 3.000.000 ¢/ha o valores de alquiler de la tierra que van de 600.000 ¢/ha hasta 1.000.000 ¢/ha.

Por lo tanto, la percepción social del manejo de bosques difiere de un tipo de inversionista a otro. Que en general, tanto el inversionista prestamista-paciente (1,62%) como el inversionista prestamista-nacional (3,44%) son capaces de asumir los costos necesarios para ejecutar el plan de manejo y están dispuestos a esperar periodos mayores de tiempo entre una cosecha y otra con CC mayores a los 11 años. Por el contrario el inversionista deudor (10,1%) disminuye a CC de hasta 8 años (considerados no sostenibles), al que se le dificulta asumir los costos obligatorios para desarrollar el plan de manejo, por lo que necesitará de un préstamo en el banco o que alguna ONG asuma la inversión por él. En este aspecto la presencia de las ONG en el área de estudio participando como actores proactivos en la gestión de bosques están aportan para que la aceptación de la gente en dedicar la tierra a manejos bosques cambie positivamente.

Por otra parte, aunque la evaluación del éxito en la sostenibilidad del manejo de bosques se trata de medir a través del uso de diferentes modelos que tienen la limitante de ser generales en la mayoría de los casos; estos, normalmente no contemplan que la percepción y la aceptación social del manejo varía de una región a otra, de un tipo de inversionista a otro, de la presencia de una ONG y del costo de oportunidad de la tierra que al final son estos más otros factores los que influyen en la manera de cómo debería medirse la sostenibilidad del uso de los recursos forestales.

Es por esto, que se parte del supuesto de que en la mayoría de los casos el interés público ha obviado la diversidad de factores que influyen en la determinación de la percepción y la aceptación social privada del manejo de bosques. Ya que desde el punto de vista del interés público se da una demanda continua de bienes y servicios que se muestra con una tendencia clara en restringir cada vez más que el privado haga manejo de bosques en sus tierras. Por lo tanto la identificación de puntos de encuentro entre ambos intereses es un elemento fundamental por considerar a la hora de medir las variables que tratan de explicar los factores que influyen en la conservación de los ecosistemas forestales.

### **3.7 Relación de la integridad ecológica sobre la rentabilidad del manejo de bosques según intensidad de cosecha para un Ciclo de Corta Normativo**

El éxito de evaluar cualquier sistema de manejo forestal está basado en que los supuestos estén previamente claros y puedan ser mensurables en el tiempo. Sin embargo, esto no es lo que ha sucedido en la mayoría de los casos relacionados al manejo forestal sostenible, donde se han generalizado conclusiones sin tener estos aspectos claros, y sin tener como base el monitoreo de bosques a largo plazo. Como consecuencia de esto, se ha promovido la toma de decisiones apresuradas que han tenido efectos negativos en la percepción del manejo forestal por parte de la sociedad. Un factor decisivo para que hoy en día exista una percepción negativa sobre el manejo de bosques se debe a que muchos de los sistemas silviculturales desarrollados a mediados del siglo XX no consideraban compatibles la producción de madera con la conservación y la protección del bosque (Louman 2001). No obstante, estos aspectos han ido cambiando en las últimas décadas con la publicación de Principios, criterios e indicadores que adaptan los conceptos y los requerimientos de conservación de la biodiversidad a los sistemas silviculturales y con un concepto de manejo forestal mucho más cercano a la sostenibilidad.



Por otra parte, en los últimos años se han dado una serie de reformas legales que buscaban desarrollar mecanismos para promover una gestión forestal sostenible. A pesar de esto, las decisiones tomadas están centradas en la sobre-regulación del MFS y de la producción de la madera legal, lo que evidencia de por qué la mayor parte de las propuestas desarrolladas ponen énfasis en la legalidad y no en la sostenibilidad de los productos forestales y la gestión forestal. (FLEGT 2004). Aunque, como lo mencionan Campos et ál. (2001) el manejo forestal debe ser ecológicamente sostenible y económicamente atractivo, que incentive al propietario a proteger su recurso forestal y desista de optar por prácticas ilegales o al cambio de uso del suelo. Por lo tanto, cualquier medida de control del aprovechamiento forestal que el Estado proponga, debe ser analizada en términos de su costo e implicaciones prácticas para el productor.

De igual manera, Klemperer (1996) indica que en una economía de mercado, el principio de maximizar el valor presente es la principal fuerza que determina el uso de la tierra, ya que la tierra tiende a ser usada en la actividad que genera mayor rentabilidad para el propietario. Por ejemplo, si la madera es la que mayor valor da al uso de la tierra, entonces ese será el mejor sistema de manejo que maximiza el valor del activo tierra. A pesar de esto, Lette y de Boo (2002) recalcan que el valor de los recursos naturales depende no solamente de los precios de mercado y de sus usos directos, sino también se basa en otros usos indirectos que no pueden ser negociados en los diferentes mercados. Es por esto, que la rentabilidad forestal depende de una interacción compleja entre las características del recurso, las características de la propiedad –especialmente la situación socioeconómica y la capacidad empresarial– y las características del mercado en los distintos entramados de políticas e instituciones (FAO 2005).

Por otra parte, la viabilidad del MFS se encuentra asociado a la identificación de puntos de equilibrio donde confluyan tanto el interés público como el interés privado de seguir manteniendo las tierras con uso forestal, por lo cual es necesario encontrar indicadores capaces de medir ese punto de interés común, así como de las características biofísicas mínimas que los bosques aprovechados deberán tener para que sigan brindando una cantidad de bienes y servicios acordes a las necesidades de la sociedad. Para comprender mejor las relaciones establecidas entre los indicadores utilizados para evaluar la rentabilidad y la integridad ecológica del MFS, se identificó la intensidad de cosecha y el ciclo de corta (tiempo de espera

para realizar la nueva cosecha) como los principios básicos que ayudarán a comprender mejor estas relaciones para un CCN definido por la norma en 15 años.

En primera instancia, se trata de simplificar una serie de factores que están influyendo en la aceptación social del manejo de bosques en unos pocos indicadores que traten de explicar la variabilidad de situaciones inmersas dentro de la actividad definido en un momento en el tiempo por el CCN. Para lo que se asume que a través de la confrontación del porcentaje de Heliófitas Efímeras y el Valor del Bosque contra la intensidad de cosecha se puede expresar la aceptación social –vista como la combinación de los factores que influyen en la conservación de los bosques-, por lo tanto la intensidad de cosecha pasa a ser el criterio donde el interés público y privado pueden expresar sus necesidades; ya que es lógico pensar que el interés público aboga por una cosecha menor y a lapsos de tiempo mayores, en contraposición, el interés privado defenderá que se permitan cosechas mayores en periodos menores de tiempo.

En relación con el nuevo estándar de sostenibilidad (en prensa) el bosque sujeto de aprovechamiento debe encontrarse sobre un Valor de Referencia Mínimo (VRM) de área basal de los árboles con un dap  $\geq$  a 10 cm para todos los individuos. Dicho VRM puede variar para diferentes tipos de bosque dentro de cada Subregión del Sistema Nacional de Áreas de Conservación. Por lo tanto, para este estudio el valor del Umbral Mínimo (UMA) en el Bosque gavilán-palmas se fijó en  $21,93 \pm 1,55$  m<sup>2</sup>/ha y para el Bosque caobilla-gavilán en  $23,95 \pm 2,39$  m<sup>2</sup>/ha; estos valores recomendados se encuentran por encima de 15 m<sup>2</sup>/ha, sugerido por la norma. Por otra parte, el UMA para los árboles con dap  $\geq$  a 60 cm fue de  $2,54 \pm 0,60$  m<sup>2</sup>/ha para el Bosque gavilán-palmas y de  $5,10 \pm 1,66$  m<sup>2</sup>/ha para el Bosque caobilla-gavilán.

La integridad ecológica se trata de explicar con la dinámica que presenta el porcentaje de HE donde se observó que por encima de un 25% de intensidad de cosecha se estaría provocando un impacto negativo y se tendría un 15,9% de HE, el cual es mayor al 15% definido por la norma para árboles con un dap  $\geq$  a 10 cm. Conforme con dicho argumento existe una contraposición con las recomendaciones hechas en el nuevo estándar de manejo forestal que permitirá que el área basal reducida entre el aprovechamiento forestal y los tratamientos silviculturales no exceda el 40% del área basal de todos los individuos con dap  $\geq$  a 10 cm, la que se distribuye de la siguiente manera: a) el área basal removida por el aprovechamiento forestal no supera el 20% y b) el área basal removida por los tratamientos silviculturales no

superará el 20% restante. Por lo tanto una cosecha por encima de un 25% debe considerarse insostenible desde el punto de vista del interés público, ya que estaría poniendo en riesgo la diversidad florística y la estructura de la condición inicial (antes del aprovechamiento) del bosque, entonces, una reducción inicial mayor al 25% hace insostenible -desde el punto de vista del impacto- la nueva cosecha y sugiere que la cosecha sosteniblemente aceptada debe encontrarse por debajo del 25%.

No obstante, existe una relación inversa entre la rentabilidad y la integridad ecológica definido para un CCN ya que con la intensidad de cosecha alta se dio la mayor rentabilidad (Figura 30), basado en que los mayores crecimientos medios del área basal se dieron en los sitios tratados con intensidades de cosecha alta ( $0,60 \pm 0,14 \text{ m}^2/\text{ha}$ ) los que presentaron diferencias significativas ( $P=0,0437$ ) con respecto a los crecimientos medios de los sitios con intensidades de cosecha baja ( $0,40 \pm 0,13 \text{ m}^2/\text{ha}$ ) observados en el Artículo 1. Evidenciando mayores incrementos y rendimientos futuros para los tratamientos con intensidades de cosecha alta. Por el contrario el mayor porcentaje de la HE se da para mayores intensidades cosechas y siendo este la medida de referencia para evaluar el impacto; se manifiesta una relación positiva entre mayor rentabilidad mayor es el impacto.

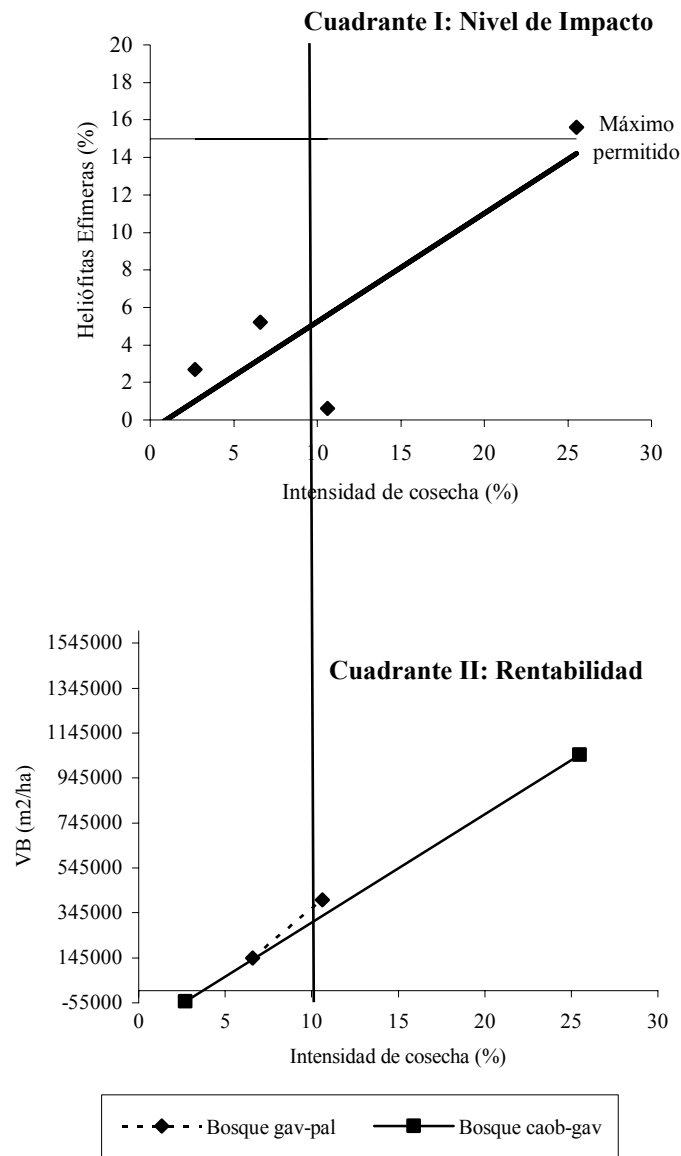


Figura 30. Relación entre la rentabilidad y el nivel de impacto contra la intensidad de cosecha para los bosques gavilán-palmas y caobilla-gavilán de acuerdo a un CCN. Región Huetar Norte y Atlánticas, Costa Rica.

De acuerdo a los VB observados en un CCN la rentabilidad tiende a disminuir cuando la primera cosecha tuvo una menor intensidad –sin importar el tipo de bosque–; que según el criterio de aceptación de la fórmula del VB y definiendo la rentabilidad según los criterios del caso base, el VB cae por debajo del PB inferior de 600.000 ¢/ha, motivando que el manejo de bosques quede relegado a sitios lejanos del mercado y donde el costo de oportunidad de la tierra es bajo. No obstante, para las intensidades de cosecha alta se obtienen VB cercanos o mayores al PB, reportándose el mayor VB con 1.048.651 ¢/ha en la intensidad de cosecha alta.

Hasta el momento se ha manifestado el interés público a través del CCN o el interés privado por medio del CCE, no obstante la recuperación biofísica del bosque o el ciclo de corta Biológico (CCB) complementa un mejor análisis de la sostenibilidad forestal. Este CCB define el momento en que los bosques recuperan los valores iniciales de la condición pre aprovechamiento, y de acuerdo al límite superior de confianza ( $\alpha = 95\%$ ) el bosque gavián-palmas tarda 13,8 años y al bosque caobilla-gavián le demanda 11,9 años igualar los valores iniciales del área basal para los árboles con un dap  $\geq$  a10 cm. Lo que demuestra que una nueva cosecha puede encontrarse por debajo del CCN, no obstante el impacto sobre el bosque manifestado con el establecimiento de un mayor número de HE se da en el bosque caobilla-gavián para la intensidad de cosecha alta (25%) a partir del año ocho, por lo que es necesario definir un período mínimo de corta, el cual, según la norma será de al menos 10 años después de haberse realizado el primer aprovechamiento.

Al tratar de fijar un ciclo de corta sostenible donde se manifiesten los puntos óptimos donde confluyan tanto el interés público como el interés privado en aceptar socialmente el manejo sostenible de bosques, será necesario tomar en cuenta que el mismo se encontrará por encima de 10 años y por debajo de un 25% de la intensidad de cosecha; esta evidencia demuestra que al fijar los límites permitidos para estos dos valores se encontrará el punto óptimo donde la integridad ecológica no se vea disminuida y que los aspectos de rentabilidad pueden ser mejorados al atacar los factores de riesgo en la inversión que influye sobre la TMA para cada tipo de inversionista y de esquemas diferenciados de PSA según el costo de oportunidad de la tierra y en el momento en que se está llevando a cabo el aprovechamiento para que tengo un mayor beneficio en el peso sobre la rentabilidad.

#### 4. CONCLUSIONES

- Desde el punto de vista del inversionista privado esperar hasta que se cumpla el CCN hace que el VB descienda por debajo de los 600.000 ¢/ha, considerado como el criterio mínimo de aceptación (PB inferior). Por lo tanto para la mayoría de condiciones estudiadas los supuestos definidos por el interés público no perciben la voluntad real de pago del inversionista, lo que supone un mal funcionamiento del mercado; sugiriendo que el inversionista privado se mueva en una actividad no rentable, y pueda estimular el cambio de uso del suelo hacia actividades con mayores rendimientos.
- La variación en la tasa de descuento de acuerdo a la voluntad de pago para los tres tipos de inversionistas identificados en el estudio fue el factor que mayor peso tuvo sobre la rentabilidad del manejo de bosques durante un ciclo de corta oficial, al compararla con el PSA y el PIMP.
- El ciclo de corta óptimo donde converjan tanto el interés público como el interés privado de poder aceptar socialmente el manejo sostenible de bosques se encuentra por encima de períodos mínimos de 10 años y por debajo de intensidades de cosecha menores a un 25% del área basal para todos los árboles con  $dap \geq 10$  cm.
- Para ambos tipos de bosque el reconocimiento del Pago por Servicios Ambientales dos años después del aprovechamiento definido por la norma disminuye la rentabilidad al compararla con un PSA que se realiza desde el momento en que se ejecuta el aprovechamiento forestal. El VB cuando se dio algún PSA presentó un mayor beneficio sobre la rentabilidad en aquellas condiciones donde el ingreso por venta de madera fue menor que cuando la venta de madera significó mayores ingresos al compararlo con el VB para el Caso Base.
- La rentabilidad del bosque varía de acuerdo a diferentes momentos según el tipo de ciclo de corta seleccionado, ya que para ambas intensidades de cosecha el CCB fue alcanzado algunos años antes que el CCE o el CCN, donde el CCN es en general el menos rentable de los tres.
- El análisis de sensibilidad identificó que sin importar el tipo de bosque el VB para la condición de alta cosecha fue más rentable que para la condición de baja cosecha, la cual se encuentra asociada a una mayor disponibilidad de madera para vender durante el tiempo.

- De acuerdo al costo de oportunidad de la tierra el interés público está motivando que el manejo de bosques solamente sea posible cuando se hace para un bosque caobilla-gavilán bajo una intensidad de cosecha alta con una TMA de 3,44% el cual soporta un PB cercano a 1.000.000 ¢/ha, por lo que para el resto de condiciones se este relegando la actividad a sitios lejanos del mercado y donde el costo de oportunidad de la tierra debería sería de hasta 14.277 ¢/ha en la intensidad de cosecha baja para el bosque gavilán-palmas.
- Se identificó que una intensidad de cosecha por encima de un 25% estaría provocando un impacto negativo sobre el gremio ecológico conformado por las especies heliófitas efímeras con un 15,9%, que superó el 15% del total de árboles arriba de 10 cm dap definido por la norma. De acuerdo con estos argumentos existe una contraposición con las recomendaciones hechas en el nuevo estándar de manejo forestal que permitirá que el área basal reducida entre el aprovechamiento forestal y los tratamientos silviculturales alcancen el 40% del área basal de todos los individuos con  $dap \geq 10$  cm.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- Arias, G; Zamora, N. 2005. Análisis del Sistema Actual de Aprobación de Permisos FORESTALES Del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). SINAC-FAO. San José. CR. 29 p.
- Camacho, M; Finegan, B. 1997. Efectos del aprovechamiento forestal y el tratamiento silvicultural en un bosque húmedo del Noreste de Costa Rica: el crecimiento diamétrico con énfasis en el rodal comercial. CATIE, Turrialba, Costa Rica. p. 54.
- Campos, J; Camacho, M; Villalobos, R; Rodríguez, C; Gómez, M. 2001. La tala ilegal en Costa Rica: un análisis para la discusión. Informe elaborado por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, CR.
- Chao, A; Chazdon, R; Colwel, R; Jen Shen, T. 2005. A new statistical approach for assessing similarity of species composition with incidence and abundance data. *Ecology Letters*, (2005) 8: 148–159
- CODEFORSA. 2005. Plan de manejo Forestal para Bosque Natural (II Cosecha): Finca de Miguel Vargas. Ciudad Quesada, CR. 21 p.
- Dauber, E. 2003. Modelo de simulación para evaluar las posibilidades de cosecha en el primer y segundo ciclo de corta en bosques tropicales de Bolivia. *BoLfor*, Santa Cruz, BO. 42 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la Alimentación, IT). 2005. Situación de los bosques del mundo. Roma, IT. 153 p.
- Filius, A.M. 1992. *Investment Analysis in Forest Management: Principles and Applications*. Wageningen Agricultural University. 192 p.
- Finegan, B; Delgado, D. 1997. Bases ecológicas para el manejo de bosques tropicales 1: Los ambientes forestales tropicales y el ajuste de las especies vegetales. Apuntes del curso Manejo y Silvicultura de los bosques tropicales, CATIE, marzo-abril 1998. Turrialba, Costa Rica. 14 p.
- Fredericksen, T. 2003. Ciclos de Corta en Bosques Tropicales de Bolivia: Opciones basadas en investigación sobre Manejo Forestal Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. Trad. D Nash. *BOLFOR*, BO. 27 p.
- FONAFIFO (Fondo de Financiamiento Forestal, CR). 2005. Distribución de hectáreas por modalidad por año en el período 1997-2005 (en línea). San José, CR. Consultado 8 dic.2005. Disponible en [http://www.fonafifo.com/paginas\\_espanol/servicios\\_ambientales/sa\\_estadisticas.html](http://www.fonafifo.com/paginas_espanol/servicios_ambientales/sa_estadisticas.html).
- Hartshorn, G. 2003. La importancia de manejar los bosques tropicales en América Latina *In Memoria especies Forestales Nativas*. INISEFOR. Heredia, Costa Rica. 156 pp.
- Jiménez, S; Alfaro, M; Araya, J. s. f. Introducción a la Valoración Forestal. UNA. Heredia, CR. 96 p.
- Klemperer, W.D. 1996. *Forest Resource Economics and finance: Economics of forestland use and even-aged rotations*. Mc Graw-Hill. Series in forest resources. USA. 551 p.
- Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los tropicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas; posibilidades y método para un aprovechamiento sostenido. Trad. A. Carrillo. DE, GTZ. 335 p.
- Louman, B. 2001. Sistemas silviculturales *In Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central*. Eds. B. Louman; D. Quirós; M. Nilsson. Turrialba, CR, CATIE. p. 79-130 (Serie técnica manual técnico N° 46)



- Louman, B; Valerio, J; Jiménez, W. 2001. Bases ecológicas *In* Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. Eds. B. Louman; D. Quirós; M. Nilsson. Turrialba, CR, CATIE. p. 19-78 (Serie técnica manual técnico N° 46)
- Louman, B; Garay, M; Yalle, S; Campos, J; Locatelli, B; Villalobos, R; López; G; Carrera; F. 2005. Efectos del pago por servicios ambientales y la certificación forestal en el desempeño ambiental y socioeconómico del manejo de bosques naturales en Costa Rica. CATIE. Turrialba, CR. 31 p. (Serie Técnica. Informe Técnico N° 338)
- Lette, H; de Boo, H. 2002. Economic Valuation of forests and nature: a support tool for effective decision marking. IAC-Wageningen, NL. Series 6. 69 p.
- MINAE (Ministerio de Ambiente y Energía, CR). 2002. Políticas forestales: Plan Nacional de Desarrollo Forestal. San José, CR. 21 p.
- MINAE (Ministerio de Ambiente y Energías, CR); FUNDECOR (Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central, CR). 2001. Mitos y realidades de la deforestación en Costa Rica. San José, CR.
- Moreno, C. 2001. Métodos para medir la Biodiversidad. MyT Manuales y Tesis SEA, vol
- Navarro, G. 2004. Planificación del manejo diversificado de bosques latifoliados húmedos tropicales. CATIE, Turrialba, CR. p. 191-193
- Navarro, G. 2005. Diseño y análisis microeconómico de los mecanismos monetarios de fomento a las plantaciones forestales en Costa Rica. Recursos Naturales y Ambiente no. 43:36-48.
- Ramos, Z. 2004. Estructura y Composición de un paisaje boscoso fragmentado: Herramienta para el diseño de estrategias de conservación de la biodiversidad. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 113 p.
- Ramos Bendaña, Z.S. y Finegan, B. 2006. Red ecológica de conectividad potencial: estrategia para el manejo del paisaje en el Corredor Biológico San Juan - La Selva. Recursos Naturales y Ambiente no. 49 (En prensa)
- Quirós, D. Tratamientos silviculturales *In* Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. Eds. B. Louman; D. Quirós; M. Nilsson. Turrialba, CR, CATIE. p. 131-155 (Serie técnica manual técnico N° 46)
- Wadsworth, F. 2000. Producción Forestal para América Tropical. Departamento de Agricultura de los EE.UU. Washington, DC. 563 p.
- Whiteman, A. 2003. El dinero no crece en los árboles: perspectivas de rentabilidad del sector forestal. *In* Unasylva.

**Anexo 2.** Clasificación por grupo comercial para las principales especies forestales más comercializadas en diferentes zonas de Costa Rica de acuerdo a la Cámara Costarricense Forestal (2006).

1. Semiduros clasificados: Amarillón (Roble Coral), Ciprés, Guanacaste, Carey, Botarrama, María, Guayaquil, Ajo, Cedro dulce, Roble Sabana, Titor, Nispero, Chiricano, Tamarindo, Camíbar., Pilón, Cenízaro, Eucaliptos, Plomillo, Ocora.

2. Semiduros comunes: Fruta Dorada, Espavel, Gavilán, Iras, Jaúl, Areño (Masicarán), Baco (lechoso), Pino, Cocobolo de S. C, Amargo, Madroño, Jicaro, Cascarillo, Chanco, Querosen, Yema de huevo, Cocora, Pejibaye, Chaperno, Quizarrá, Ojoche, Campano.

3. Formaleta: Ceibo, Chilamate, Magnolia, Jabillo, Balsa, Aceituno, Sangrillo, Pino, Panamá, Gallinazo, Poró, Jobo, Papa, Paleta, Chumico, Guácimo blanco, Galinazo, Guácimo colorado, Yos, Hule, Cativo.

4. Duras: Almendro, Amargo, Camíbar, Guayacán real, Nispero, Nazareno., Cortez amarillo, Manú, Guapinol, Surá.

**Anexo 3. Entrevista a los propietarios para la toma de datos sobre las de fincas con una segunda cosecha o que van a tener en los próximos dos años una segunda cosecha.**

Proyecto Modelo para la evaluación de la sostenibilidad del manejo de bosques intervenidos como uso competitivo de la tierra en el trópico húmedo de Costa Rica

Diagnóstico de avance del proceso en segundas intervenciones FUNDECOR, CODEFORSA, Sub-regiones del MINAE y REGENTES FORESTALES

**Estimado señor (a):**

La presente encuesta es parte de la investigación del trabajo de tesis modelo para la evaluación de la sostenibilidad del manejo de bosques intervenidos como uso competitivo de la tierra en el trópico húmedo de Costa Rica. El propósito de este diagnóstico es identificar el grado de avance de análisis de las segundas intervenciones, así como identificar la institucionalidad que se ha desarrollado en torno al tema mencionado.

**1. Información general**

**Fecha de la encuesta (día/mes):**

**Nombre del propietario (a) de la finca:**

**Sexo:**   F  M

**Nombre del administrador de la finca:**

**Sexo:**   F  M

**Hace cuántos años tiene la finca:**

**Origen de la finca:**

**Primario** \_\_\_\_\_(ha)

**Área de la finca:** \_\_\_\_\_(ha)

**Tipos de Bosque :**

**Intervenido** \_\_\_\_\_(ha)

**Secundario** \_\_\_\_\_(ha)

**Otros usos:**   (ha)

**Cuáles:**

**Profesión u oficio:** \_\_\_\_\_

**Vive en la finca:** Sí    No   

**Depende de la finca para la subsistencia:** Sí    No   

**¿Cuál es la actividad con la que se gana la vida?**

**¿Cuál es el rol del bosque en la economía familiar?**

1. ¿De quién fue la idea de elaborar el plan de manejo forestal de la finca y por qué?

---

¿Queda claro para usted el objetivo de este plan de manejo?,

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ si contesta afirmativamente pasar a la siguiente pregunta, si es negativa hacer la pregunta.

¿Qué obstaculizó su comprensión?

---

¿Lo considera de importancia ¿ por qué?

---

2. ¿Con que organizaciones o instituciones tuvo relación durante la ejecución del plan de manejo?

---

3. ¿Existieron en el desarrollo del plan de manejo hacia una nueva intervención forestal consultas para la coordinación en la ejecución del mismo?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

4. ¿ Está interesado en realizar una nueva intervención forestal?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ si contesta afirmativamente pasar a las siguiente pregunta, si es negativa no hacer la pregunta y pasar a la pregunta 8.

5. ¿Usted que esta interesado en realizar una nueva intervención, cuál cree que es el mayor obstáculo para acceder a un nuevo permiso de corta?

---

---

¿Cómo valora usted el hecho de elaborar un sistema que asegure la obtención del nuevo permiso de corta para una nueva intervención forestal?

---

6. ¿Que tipo de actividades se practican en su finca y grado de importancia para usted? Marcar con un X, si contesta afirmativamente plasmar el por qué según respuesta de entrevistado.

Grado de importancia:

- 1 = alto
- 2 = medio
- 3 = bajo

¿Agricultura tradicional?. Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ Grado \_\_\_\_\_ Área \_\_\_\_\_ (ha)

¿Cuáles cultivos?

---

¿Agricultura mejorada. Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ Grado \_\_\_\_\_ Área \_\_\_\_\_ (ha)

¿Cuáles cultivos?

---

Ganadería

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ Grado \_\_\_\_\_ Área \_\_\_\_\_ (ha)

---

Forestal

Extracción de madera para comercio \_\_\_\_\_ Grado \_\_\_\_\_

Extracción de madera para consumo doméstico \_\_\_\_\_ Grado \_\_\_\_\_

Otra \_\_\_\_\_

¿Cuál es la actividad más rentable en su finca?

\_\_\_\_\_

¿Qué tan importante es para la economía de su familia?

\_\_\_\_\_

¿Cuál es un buen negocio para usted?

\_\_\_\_\_

¿Es un negocio el bosque?

\_\_\_\_\_

¿Es importante el bosque?

---

En el año que adquirió la finca cómo estaban divididas las áreas por actividad

Actividad \_\_\_\_\_ Área \_\_\_\_\_ (ha)

Actividad \_\_\_\_\_ Área \_\_\_\_\_ (ha)

Actividad \_\_\_\_\_ Área \_\_\_\_\_ (ha)

Actividad \_\_\_\_\_ Área \_\_\_\_\_ (ha)

Y hoy en día

Actividad \_\_\_\_\_ Área \_\_\_\_\_ (ha)

Actividad \_\_\_\_\_ Área \_\_\_\_\_ (ha)

Actividad \_\_\_\_\_ Área \_\_\_\_\_ (ha)

Actividad \_\_\_\_\_ Área \_\_\_\_\_ (ha)

Con respecto a su bosque:

¿Qué especies ha observado que se mueren más, o cuáles se están regenerando en mayor cantidad?

\_\_\_\_\_

Del porcentaje cosechado en el primer aprovechamiento, ¿Fue 60-40?;

\_\_\_\_\_

Usa madera para la finca: Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

¿Cuáles especies? ¿Hace cuánto tiempo?

---

### Identificación de la tasa de descuento

¿Cuál es la inversión actual que usted tiene que considere como la de más baja rentabilidad?

¿Tiene cuenta de ahorros?

\_\_\_\_\_

¿Tiene inversiones de depósitos a plazo?

En dólares \_\_\_\_\_ o en colones \_\_\_\_\_

b) Determinación de la cadena de valor de madera

1. ¿En qué año hizo el último aprovechamiento?
2. ¿A quién le **vendió** la madera?

Maderero \_\_\_ Intermediario \_\_\_ Directamente al industrial \_\_\_ Subastas \_\_\_

3. ¿Qué especies de árboles fueron aprovechadas en la última cosecha realizada?

¿Lugar de **venta** de la madera?

En pie \_\_\_ En patio de finca \_\_\_ En patio de aserradero \_\_\_

¿Cuál es el precio de la madera según el lugar de venta? (¢/pmt)

Lugar de venta	Nombre	Distancia (km)	Sem. clasif.	Sem. común.	Formaleta
<b>En pie</b>					
En patio de finca					
En patio de aserradero					
Aserrada en finca					
Aserrada en deposito					

4. ¿Cuáles son los costos de trámites legales y regencia forestal en los que incurre?

Concepto	Costo	Costos asociados		
		Transporte	Viáticos	Otros gastos
Regencia forestal				
Certificación forestal / Poder				
Certificación de título de propiedad				
Certificación de plano catastrado				
Tramitación de guías transporte / permiso				
Otros trámites				

5. Costos de aprovechamiento

Actividad	Volumen total	Costo Total	Costo por pmt
Corta			
Arrastre			
Transporte (¿Km.?)			

6. ¿En qué oficina regional del MINAE hace los trámites?

7. Actividades que han representado costos desde el último aprovechamiento hasta la segunda cosecha.

Actividad	Año de ejecución	Costo Total	Observaciones
Vigilancia			
Impuestos			
Reparación de cercas			

8. Actividades que han representado costos para la planificación y ejecución de la segunda cosecha.

Actividad	Costo Total	Observaciones

9. Actividades que han representado ingresos desde el último aprovechamiento hasta la segunda cosecha.

Actividad	Año de ejecución	Producto	Precio	Ingreso total	Costo para obtenerlo

14. ¿Cuáles son los principales problemas para comercializar su madera?

\_\_\_\_\_

15. ¿Considera que existe un trato justo en la comercialización de la madera?

\_\_\_\_\_

#### Anexo 4. Entrevista a los madereros o intermediario

Proyecto Modelo para la evaluación de la sostenibilidad del manejo de bosques intervenidos como uso competitivo de la tierra en el trópico húmedo de Costa Rica

16. ¿En qué lugares acostumbra **comprar** madera?

\_\_\_\_\_ , \_\_\_\_\_ , \_\_\_\_\_ , \_\_\_\_\_

17. ¿Forma de **compra** de la madera?

En pie \_\_\_ En patio de finca \_\_\_ En patio de aserradero \_\_\_

¿Cómo alquila o costea la maquinaria?

\_\_\_\_\_

¿Cómo vende servicios?

\_\_\_\_\_

18. ¿Cuál es el precio de **compra** de la madera? (¢/pmt)

Lugar de venta	Sem. clasif.	Sem. común.	Caobilla	Formaleta
<b>En pie</b>				
<b>En patio de finca</b>				

19. ¿En qué aserraderos **vende** la madera?

\_\_\_\_\_ , \_\_\_\_\_ , \_\_\_\_\_

20. ¿Cuál es el precio de **venta** de la madera? (¢/pmt)

Lugar de venta	Sem. clasif.	Sem. común.	Formaleta	Caobilla	ssp vedadas
<b>En patio de aserradero</b>					

21. ¿En cuáles puestos de control hace paradas de revisión de las guías de transporte?

\_\_\_\_\_ , \_\_\_\_\_

¿Cuál es la distancia en la cual empiezan a variar los costos o precios de la madera?

0-50 Km \_\_\_\_\_ , 50-100 Km \_\_\_\_\_ ,

100-150 km \_\_\_\_\_ mas 150 KM

o cuáles cree usted que son los puntos de quiebra

\_\_\_\_\_ ,

**Anexo 5.** Costos de las actividades del manejo forestal por sitio, según encuestados. Región Huetar Norte y Atlántica, Costa Rica, 2007.

Sitio	Localidad	Corta (€* Pmt)	Tractor <sup>1</sup> (€* Pmt)	Transporte a la industria (€* Pmt) <sup>2</sup>			
				Ciudad Quesada	San José	Alajuela	Cartago
Tirimbina	Sarapiquí	5,5	30		25 (67 km) <sup>2</sup>		30 (88 km) <sup>2</sup>
Corinto	Pococi	5	32	25 (98 km) <sup>2</sup>	20 (52,5 km) <sup>2</sup>	23 (57,4 km) <sup>2</sup>	
La Montura	Río Cuarto	5	30		25 (45,5 km) <sup>2</sup>		30 (70 km) <sup>2</sup>
La Legua	La Legua	5,5	22,5	20 (40 km) <sup>2</sup>	27 (101 km) <sup>2</sup>	35 (82 km) <sup>2</sup>	27 (125 km) <sup>2</sup>
<b>Promedio</b>		<b>5,25</b>	<b>28,6</b>	<b>22,5</b>	<b>24,2</b>	<b>29</b>	<b>29</b>

Pmt = Pulgada Maderera Medida Tica, bajo sistema de medida a mecate full

<sup>1</sup> = incluye extracción y carga

<sup>2</sup> = entre (\*) la distancia a la industria

**Anexo 6.** Precios de compra de la madera en pie y patio de aserradero para Caobilla (*Carapa guianensis*) y Gavilán (*Pentaclethra maculosa*) por sitio, según encuestados. Región Huetar Norte y Atlántica, Costa Rica.

Especie	Sitio	Localidad	Precio en pie (€/Pmt)	En patio de aserradero (€/Pmt)			
				Ciudad Quesada	San José	Alajuela	Cartago
Caobilla	Tirimbina	Sarapiquí	130	140 (97 km)	210 (67 km)		
	Corinto	Pococi	120		220 (52,5 km)		
	La Montura	Río Cuarto	130		210 (45,5 km)		
	La Legua	La Legua	100	190 (40 km)	200 (100,8 km)	205 (82 km)	195 (125 km)
Gavilán	Tirimbina	Sarapiquí	80		180 (67 km)		
	Corinto	Pococi	45		150 (52,5 km)		
	La Montura	Río Cuarto	70		180 (45 km)		
	La Legua	La Legua	70	140 (50 km)	160 (101 km)	165 (82 km)	155 (125 km)

Pmt = Pulgada Maderera Medida Tica, bajo sistema de medida a mecate full

<sup>2</sup> = entre (\*) la distancia a la industria



**Anexo 7.** Montos asignados por hectáreas o árboles para el Pago de los Servicios Ambientales (PSA) por modalidad. Período 1997-2006.

Año	Modalidades de PSA ( ¢ / ha)					
	Protección de Bosque	Manejo de Bosque	Reforestación	Plantaciones Establecidas	Sistemas Agroforestales (árboles) *	Regeneración de pastos
1997	50000	90225	120000	-	-	-
1998	60000	94000	154000	60000	-	-
1999	60000	94000	154000	60000	-	-
2000	66000	-	169000	-	-	-
2001	72600	113300	185900	-	-	-
2002	79160	123540	202700	-	-	-
2003	97100	-	223000	87100	320	-
2004	95800	-	245000	-	352	-
2005 **	\$64	-	\$816	-	\$1,30	-
2006 **	\$64	-	\$816	-	\$1,30	-

Fuente: FONAFIFO, 2006

( \*) El monto a pagar es por árbol plantado

(\*\*)El monto está fijado en dólares

**Anexo 8.** Datos utilizados como insumo para el análisis financiero y de capital

<b>Variable</b>	<b>Datos utilizados</b>	
Tipo de cambio 09/12/2006 (¢/ \$)	<b>513,48</b>	
Tasa de inflación acumulada (noviembre-noviembre 2006)	<b>9,42%</b>	
Tasa de interés nominal	<b>11,00% y 18,28%</b>	
Tasa de interés real forestal "riesgo 0"	<b>1,44%</b>	
Premium riesgo inversión (FED)	<b>1%</b>	
Premium riesgo político	<b>1%</b>	
Tasa mínima aceptable (TMA)	<b>3,44% y 10,10%</b>	
<b>3. Precio de la tierra según tipo de uso (¢/ha)</b>		
Agrícola < 20° pendiente	2.000.000	
Tierras con banano < 20°	6.000.000	
Tierras con piña < 20°	3.000.000	
Tierras con forestales > 45°	1.500.000	
<b>Costos de aprovechamiento</b>	<b>¢/pmt</b>	<b>¢/m3</b>
<b>Corta y troceo</b>	5,25	1.711,5
Arrastre	29	9.323,6
Empatiado	0	0,0
Transporte a industria	24	7.889,2
<b>Total</b>	<b>58</b>	<b>18.924,3</b>
Año	2005	2006
Índice del Precio al Consumidor (IPC)	93,15	101,93
<b>Equivalencias entre sistemas de unidades de cubicación</b>		
1 m <sup>3</sup> = 325 pmt de madera en troza		

**Anexo 9.** Cálculo de los costos de la Segunda Fase del plan de manejo (muestreo diagnóstico).  
Actividades de campo (personas/día)

Bloque de bosque	A	B	C	D	E	F	G
Área (ha)	43	57	59	85	92	121	188
1. Trabajo de campo							
Técnico Forestal	1	1	1	1	1	1	1
Asistente (1)	3	3	3	3	3	3	3
2. Visita preliminar <sup>1</sup>							
3a. Apertura de pica madre <sup>1</sup>							
3b. Apertura carriles inventario							
Técnico Forestal	1					1	1
Asistente (1)	6	2	4	4	3	5	10
Asistente (2)							
Peón	3	2	4	8	3	5	4
4. Muestreo							
Técnico Forestal	3	3	3	4	3	4	5
Asistente (1)	6	4	4	8	6	5	10
Asistente (2)							
Peón							

<sup>1</sup> = no se toman en cuenta porque el técnico conoce la finca y porque se utiliza la pica madre del aprovechamiento

<sup>2</sup> = Según Maginnis et al (1998) en la Zona norte de Costa Rica.

**Anexo 10.** Actualización de costos e ingresos en el manejo de bosques para segundas cosechas. Región Huetar Norte y Atlántica. Costa Rica.

	Miguel Vargas <sup>1</sup>	Joaquín Jiménez	Antonio Cerdas	Javier Alfaro	Año 2005	Año 2006 <sup>3</sup>
<b>TRAMITOLOGÍA</b>	<b>Promedio/ha ( ¢ / ha)</b>				<b>Promedio Total ( ¢ / ha)</b>	
Contactar a quién vender	537,2				537,2	635,4
Contactar quién realiza plan de manejo	270,0				270,0	319,4
Visita de evaluación a la finca	375,0				375,0	443,6
Contratos de compra de madera	75,0				75,0	88,7
Trámites ante SINAC.	250,0				250,0	295,7
Visita de evaluación SINAC	500,0				500,0	591,4
<b>Subtotal</b>	<b>334,5</b>				<b>2007,2</b>	<b>2374,1</b>
<b>PLAN DE MANEJO</b>						
Área a manejar (ha)	200	9	53	24		
Costo por ha Plan de Manejo	11000,0	10000,0	10000,0	000,0	11250,0	13306,5
Pintura	500,0				500,0	591,4
Peones	1000,0				1000,0	1182,8
<b>Subtotal</b>	<b>4166,7</b>				<b>12750,0</b>	<b>15080,7</b>
<b>LABORES DE APROVECHAMIENTO*</b>						
Administración aprovechamiento ( 4 meses)	4000,0				4482,6	5302,0
Regencias de aprovechamiento ( 6 visitas)	1920,0	2000,0	339,6	750,0	1403,5	1660,1
<b>Sub-total de aprovechamiento</b>					<b>5886,1</b>	<b>6962,1</b>
<b>FASE 2</b>						
<b>PLAN DE MANEJO FASE II</b>						
Área a manejar (ha)	200	9	53	24		
Costo por ha Plan de Manejo	10000,0				10000,0	11828,0
Pintura y peones	87,5				87,5	103,5
<b>Subtotal</b>					<b>10087,5</b>	<b>11931,5</b>
<b>TRATAMIENTOS SILVÍCOLAS</b>						
Costo por ha de tratamiento silvícola	10000,0				10000,0	11828,0
Regencia silvicultural (post-aprovechamiento)- 5 años	750,0				750,0	887,1
<b>Subtotal</b>					<b>10750,0</b>	<b>12715,1</b>
<b>Costos Fijos</b>						
<b>ADMINISTRACIÓN</b>	500,0	2222,2			1361,1	1609,9
<b>PROTECCIÓN Y VIGILANCIA</b>	500,0				500,0	591,4
<b>LIMPIEZA Y CHAPEAS</b>	500,0				500,0	591,4
<b>IMPUESTO TERRITORIAL</b>	2500,0				3750,0	3750,0
<b>Sub total</b>					<b>6111,1</b>	<b>6542,7</b>

<sup>1</sup> = Datos suministrados en el plan de manejo por CODEFORSA (2005)

<sup>2</sup> = Datos suministrados en los planes de manejo por Camacho (2005)

<sup>3</sup> = costos capitalizados al 18,24% según tasa nominal para préstamos en agricultura y ganadería en el Banco Nacional de Costa Rica (09/12/2006).

**Anexo 11.** Diferencia del volumen en pie con respecto al volumen que llega a la industria para planes de manejo en la Región Atlántica.

Nombre propietario de la Finca	Volumen en pie según plan de manejo (PMT)	Volumen final según cadena de custodia (PMT)	Diferencia (PMT)	Diferencia (%)
Rosario Arias	1.420.000,0	1.384.4261,0	35739	97,48317
Ulderio Aencio	479.917	461.740	18177	96,21247
Carmen Torres	574.486	662.741	-88255	115,3624
Rafael Duno	405.374	387.110	18264	95,49453
Rodrigo Chacón	528.172	480.851	47321	91,04061
		<b>Promedio</b>	<b>29875,2</b>	<b>4,942</b>
		<b>Desviación estándar</b>	<b>1426,7</b>	<b>2,801</b>

Fuente: Cadena de Custodia FUNDECOR, 2007.

Anexo 12. Disponibilidad de volumen por grupo de interés comercial de acuerdo a la intensidad de cosecha baja y alta en cada tipo de bosque.

Tipo de bosque	Intensidad de cosecha	Años	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
gavilan-palmas	Alta	Semiduro clasificado	-4,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		Semiduro	-11,05	1,55	1,75	2,07	5,35	8,62	8,52	8,41	9,75	11,09	12,43	13,77	14,53	15,67	16,82	16,98	16,63	15,55								
		Blanca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Baja	Total Semiduro clasificado	<b>-15,09</b>	<b>1,55</b>	<b>1,75</b>	<b>2,07</b>	<b>5,35</b>	<b>8,62</b>	<b>8,52</b>	<b>8,41</b>	<b>9,75</b>	<b>11,09</b>	<b>12,43</b>	<b>13,77</b>	<b>14,53</b>	<b>15,67</b>	<b>16,82</b>	<b>16,98</b>	<b>16,63</b>	<b>15,55</b>								
		Semiduro clasificado	-0,02	0,38	2,16	0,67	1,02	1,41	1,06	1,00	1,37	1,46	1,54	1,62	2,29	2,57	2,85	3,12	3,38	3,64								
		Semiduro	-7,36	0,77	1,05	1,97	2,26	2,48	3,01	3,51	3,64	3,93	4,22	4,51	5,43	5,93	6,43	5,61	5,78	5,93								
		Blanca	-1,58	0,09	0,12	0,23	0,29	0,34	0,40	0,44	0,47	0,66	0,85	1,04	1,23	1,42	1,60	1,76	1,91	2,06								
		Total Semiduro clasificado	<b>-8,96</b>	<b>1,24</b>	<b>3,33</b>	<b>2,86</b>	<b>3,56</b>	<b>4,23</b>	<b>4,48</b>	<b>4,94</b>	<b>5,48</b>	<b>6,04</b>	<b>6,61</b>	<b>7,17</b>	<b>8,95</b>	<b>9,92</b>	<b>10,89</b>	<b>10,49</b>	<b>11,06</b>	<b>11,63</b>								
		Semiduro clasificado	-5,40	-1,52	-1,51	-1,48	-1,47	-1,45	-1,43	-1,41	-1,39	-1,37	-1,35	-1,33	-1,30	-1,28	-1,26	-1,24	-1,22	-1,21	-1,19	-1,16	-1,13	-1,10	-1,06	-1,02		
Alta	Semiduro	-19,40	-1,51	-0,33	1,48	-2,46	-3,66	-0,44	2,77	6,89	10,64	14,75	18,87	23,36	27,60	31,84	36,24	40,32	44,23	47,90	51,30	54,36	57,05	59,30	61,07			
	Blanca	0,04	0,05	0,77	1,49	1,62	1,71	2,01	2,31	1,98	1,65	1,31	0,98	0,65	0,32	-0,01	-0,28	-0,55	-0,81	-1,13	-1,50	-1,93	-2,35	-2,91	-3,56			
	Total Semiduro clasificado	<b>-24,76</b>	<b>-2,98</b>	<b>-1,07</b>	<b>1,49</b>	<b>-2,32</b>	<b>-3,40</b>	<b>0,14</b>	<b>3,67</b>	<b>7,48</b>	<b>10,91</b>	<b>14,72</b>	<b>18,52</b>	<b>22,70</b>	<b>26,63</b>	<b>30,56</b>	<b>34,71</b>	<b>38,55</b>	<b>42,21</b>	<b>45,59</b>	<b>48,64</b>	<b>51,30</b>	<b>53,60</b>	<b>55,33</b>	<b>56,49</b>			
Baja	Semiduro clasificado	0,16	0,16	1,02	1,84	2,09	0,51	0,61	0,71	0,82	0,92	1,09	1,64	1,70	1,96	2,21	2,44	2,60	2,78									
	Semiduro	-0,67	0,09	1,27	2,45	0,89	-1,98	-1,03	-0,07	1,44	2,79	4,93	2,86	3,74	4,06	4,38	3,82	3,31	2,60									
	Blanca	-2,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00									
	Total	<b>-3,31</b>	<b>0,24</b>	<b>2,30</b>	<b>4,29</b>	<b>2,98</b>	<b>-1,46</b>	<b>-0,42</b>	<b>0,63</b>	<b>2,26</b>	<b>3,71</b>	<b>6,02</b>	<b>4,50</b>	<b>5,44</b>	<b>6,02</b>	<b>6,59</b>	<b>6,26</b>	<b>5,91</b>	<b>5,38</b>									

Anexo 13. Calculo del VB para el caso base del bosque Gavilán-Palmas con una intensidad de cosecha baja para una tasa de descuento de 3,44%. Region Huetar Norte y Atlantica, Costa Rica.

Edad	Ingreso por PSA	Costos	Ingreso neto	Método del valor presente neto																		
				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
0																						
1	0	-34839	-34.839,4	-34.839,4	-36.039,2	-37.280,4	-38.564,3	-39.892,5	-41.266,4	-42.687,6	-44.157,7	-45.678,5	-47.251,6	-48.879,0	-50.562,4	-52.303,7	-54.105,0	-55.968,4	-57.896,0	-59.889,9	-61.952,5	
2	0	-11128	-11.127,9	-11.127,9	-11.127,9	-11.511,1	-11.907,5	-12.317,6	-12.741,8	-13.180,7	-13.634,6	-14.104,2	-14.589,9	-15.092,4	-15.612,2	-16.149,9	-16.706,1	-17.281,4	-17.876,6	-18.492,2	-19.129,1	
3	0	-11128	-11.127,9	-11.127,9	-11.127,9	-11.511,1	-11.907,5	-12.317,6	-12.741,8	-13.180,7	-13.634,6	-14.104,2	-14.589,9	-15.092,4	-15.612,2	-16.149,9	-16.706,1	-17.281,4	-17.876,6	-18.492,2	-19.129,1	
4	0	-11128	-11.127,9	-11.127,9	-11.127,9	-11.511,1	-11.907,5	-12.317,6	-12.741,8	-13.180,7	-13.634,6	-14.104,2	-14.589,9	-15.092,4	-15.612,2	-16.149,9	-16.706,1	-17.281,4	-17.876,6	-18.492,2	-19.129,1	
5	0	-11128	-11.127,9	-11.127,9	-11.127,9	-11.511,1	-11.907,5	-12.317,6	-12.741,8	-13.180,7	-13.634,6	-14.104,2	-14.589,9	-15.092,4	-15.612,2	-16.149,9	-16.706,1	-17.281,4	-17.876,6	-18.492,2	-19.129,1	
6	0	-11128	-11.127,9	-11.127,9	-11.127,9	-11.511,1	-11.907,5	-12.317,6	-12.741,8	-13.180,7	-13.634,6	-14.104,2	-14.589,9	-15.092,4	-15.612,2	-16.149,9	-16.706,1	-17.281,4	-17.876,6	-18.492,2	-19.129,1	
7	0	-11128	-11.127,9	-11.127,9	-11.127,9	-11.511,1	-11.907,5	-12.317,6	-12.741,8	-13.180,7	-13.634,6	-14.104,2	-14.589,9	-15.092,4	-15.612,2	-16.149,9	-16.706,1	-17.281,4	-17.876,6	-18.492,2	-19.129,1	
8	0	-11128	-11.127,9	-11.127,9	-11.127,9	-11.511,1	-11.907,5	-12.317,6	-12.741,8	-13.180,7	-13.634,6	-14.104,2	-14.589,9	-15.092,4	-15.612,2	-16.149,9	-16.706,1	-17.281,4	-17.876,6	-18.492,2	-19.129,1	
9	0	-11128	-11.127,9	-11.127,9	-11.127,9	-11.511,1	-11.907,5	-12.317,6	-12.741,8	-13.180,7	-13.634,6	-14.104,2	-14.589,9	-15.092,4	-15.612,2	-16.149,9	-16.706,1	-17.281,4	-17.876,6	-18.492,2	-19.129,1	
10	0	-11128	-11.127,9	-11.127,9	-11.127,9	-11.511,1	-11.907,5	-12.317,6	-12.741,8	-13.180,7	-13.634,6	-14.104,2	-14.589,9	-15.092,4	-15.612,2	-16.149,9	-16.706,1	-17.281,4	-17.876,6	-18.492,2	-19.129,1	
11	0	-11128	-11.127,9	-11.127,9	-11.127,9	-11.511,1	-11.907,5	-12.317,6	-12.741,8	-13.180,7	-13.634,6	-14.104,2	-14.589,9	-15.092,4	-15.612,2	-16.149,9	-16.706,1	-17.281,4	-17.876,6	-18.492,2	-19.129,1	
12	0	-11128	-11.127,9	-11.127,9	-11.127,9	-11.511,1	-11.907,5	-12.317,6	-12.741,8	-13.180,7	-13.634,6	-14.104,2	-14.589,9	-15.092,4	-15.612,2	-16.149,9	-16.706,1	-17.281,4	-17.876,6	-18.492,2	-19.129,1	
13	0	-11128	-11.127,9	-11.127,9	-11.127,9	-11.511,1	-11.907,5	-12.317,6	-12.741,8	-13.180,7	-13.634,6	-14.104,2	-14.589,9	-15.092,4	-15.612,2	-16.149,9	-16.706,1	-17.281,4	-17.876,6	-18.492,2	-19.129,1	
14	0	-11128	-11.127,9	-11.127,9	-11.127,9	-11.511,1	-11.907,5	-12.317,6	-12.741,8	-13.180,7	-13.634,6	-14.104,2	-14.589,9	-15.092,4	-15.612,2	-16.149,9	-16.706,1	-17.281,4	-17.876,6	-18.492,2	-19.129,1	
15	0	-11128	-11.127,9	-11.127,9	-11.127,9	-11.511,1	-11.907,5	-12.317,6	-12.741,8	-13.180,7	-13.634,6	-14.104,2	-14.589,9	-15.092,4	-15.612,2	-16.149,9	-16.706,1	-17.281,4	-17.876,6	-18.492,2	-19.129,1	
16	0	-11128	-11.127,9	-11.127,9	-11.127,9	-11.511,1	-11.907,5	-12.317,6	-12.741,8	-13.180,7	-13.634,6	-14.104,2	-14.589,9	-15.092,4	-15.612,2	-16.149,9	-16.706,1	-17.281,4	-17.876,6	-18.492,2	-19.129,1	
17	0	-11128	-11.127,9	-11.127,9	-11.127,9	-11.511,1	-11.907,5	-12.317,6	-12.741,8	-13.180,7	-13.634,6	-14.104,2	-14.589,9	-15.092,4	-15.612,2	-16.149,9	-16.706,1	-17.281,4	-17.876,6	-18.492,2	-19.129,1	
18	0	-11128	-11.127,9	-11.127,9	-11.127,9	-11.511,1	-11.907,5	-12.317,6	-12.741,8	-13.180,7	-13.634,6	-14.104,2	-14.589,9	-15.092,4	-15.612,2	-16.149,9	-16.706,1	-17.281,4	-17.876,6	-18.492,2	-19.129,1	
19																						
20																						
Costos Capitalizados			-34.839,4	-47.167,1	-59.919,3	-73.110,8	-86.756,6	-100.872,3	-115.474,2	-130.579,0	-146.203,9	-162.367,0	-179.086,7	-196.382,3	-214.273,5	-232.780,9	-251.925,7	-271.729,8	-292.216,0	-313.407,7		
Volumen Comercial (m <sup>3</sup> /ha)			-9,0	1,2	3,3	2,9	3,6	4,2	4,5	4,9	5,5	6,0	6,6	7,2	9,0	9,9	10,9	11,7	12,6	13,5		
Fina																						
Semiduro clasificado			-0,02	0,38	2,16	0,67	1,02	1,41	1,06	1,00	1,37	1,46	1,54	1,62	2,29	2,57	2,85	3,12	3,38	3,64		
Semiduro			-7,36	0,77	1,05	1,97	2,26	2,48	3,01	3,51	3,64	3,93	4,22	4,51	5,43	5,93	6,43	6,88	7,32	7,76		
Blanca			-1,58	0,09	0,12	0,23	0,29	0,34	0,40	0,44	0,47	0,66	0,85	1,04	1,23	1,42	1,60	1,76	1,91	2,06		
Precio de Mercado de la madera.																						
Fina																						
Semiduro clasificado			45.223,8	45.224	45.224	45.224	45.224	45.224	45.224	45.224	45.224	45.224	45.224	45.224	45.224	45.224	45.224	45.224	45.224	45.224	45.224	
Semiduro			32.223,8	32.224	32.224	32.224	32.224	32.224	32.224	32.224	32.224	32.224	32.224	32.224	32.224	32.224	32.224	32.224	32.224	32.224	32.224	
Blanca			20.523,8	20.523,8	20.523,8	20.523,8	20.523,8	20.523,8	20.523,8	20.523,8	20.523,8	20.523,8	20.523,8	20.523,8	20.523,8	20.523,8	20.523,8	20.523,8	20.523,8	20.523,8	20.523,8	
Ingreso por venta de madera			-270.539,0	43.911,2	133.865,1	98.225,6	124.688,3	150.645,0	153.388,6	167.244,6	188.933,0	205.942,2	222.951,4	239.960,6	303.948,7	336.617,5	369.286,3	398.553,1	427.820,3	457.087,3		
Costos tramitológicos, regencia, etc (€/ha)			-23.853,2	-23.853,2	-23.853,2	-23.853,2	-23.853,2	-22.723,2	-22.723,2	-22.723,2	-22.723,2	-22.723,2	-22.723,2	-22.723,2	-22.723,2	-22.723,2	-22.723,2	-22.723,2	-22.723,2	-22.723,2	-22.723,2	
Ingreso Neto de la Madera			-294.392,2	20.058,0	110.011,9	74.372,4	100.831,1	127.921,8	130.665,4	144.521,4	166.209,8	183.219,0	200.228,2	217.237,4	281.225,5	313.894,3	346.563,1	375.830,1	405.097,1	434.364,1		
Renta Forestal Futura			-329.231,5	-27.109,0	50.092,6	1.261,6	14.078,5	27.049,5	15.191,2	13.942,5	20.005,9	20.852,0	21.341,4	20.855,1	66.952,0	81.113,4	94.637,4	104.100,3	112.881,1	120.956,4		
Precio de la tierra			600.000,0	600.000,0	600.000,0	600.000,0	600.000,0	600.000,0	600.000,0	600.000,0	600.000,0	600.000,0	600.000,0	600.000,0	600.000,0	600.000,0	600.000,0	600.000,0	600.000,0	600.000,0	600.000,0	
VET (+)			-9.539.630,5	-386.409,2	468.311,7	6.698,2	76.316,7	120.076,7	36.796,7	44.814,1	56.153,3	31.744,2	46.445,6	41.603,4	121.073,3	133.746,5	143.006,6	144.778,9	145.048,1	144.085,9		
VET +tierra			261.753,8	535.379,3	587.299,4	525.100,7	518.439,3	511.765,0	483.370,8	468.258,8	457.139,7	442.523,1	427.989,6	413.549,7	429.484,0	423.981,1	418.003,6	409.591,7	400.893,1	391.936,1		
			600.000,0	600.000,0	600.000,0	600.000,0	600.000,0	600.000,0	600.000,0	600.000,0	600.000,0	600.000,0	600.000,0	600.000,0	600.000,0	600.000,0	600.000,0	600.000,0	600.000,0	600.000,0	600.000,0	
VB(-) Δ 2max (€/ha)		468.511,7																				
CC (años)		3																				
ER (años)		3																				
			CC base arbitrario																			
VB (-) Año 15		143.001																				

