



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

**Valoración de la base forestal de las plantaciones forestales y su
contribución al abastecimiento de madera en la zona del Atlántico
Norte 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 Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y
Biodiversidad

Por

Oswaldo Corella Rodríguez

Turrialba, Costa Rica, 2009

DEDICATORIA

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

**MAGISTER SCIENTIAE EN MANEJO Y CONSERVACIÓN
DE BOSQUES TROPICALES Y BIODIVERSIDAD**

FIRMANTES:

Guillermo Navarro, Ph.D.
Consejero Principal

Alvaro Vallejo, M.Sc.
Miembro Comité Consejero

Ronnie de Camino, Ph.D.
Miembro Comité Consejero

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

Osvaldo José Corella Rodríguez
Candidato

DEDICATORIA

A mis padres grandes figuras en mi vida.

A mis hermanos que son el complemento de una vida completa.

AGRADECIMIENTOS

A mi profesor consejero Guillermo Navarro que ante una idea tan ambiciosa fue el único que pensó que se podía lograr, gracias por su paciencia por su tiempo pero sobre todo por ser un profesor y un excelente colega, espero que sea esta la primera de muchas colaboraciones. Así mismo mi agradecimiento máximo a mi profesor Álvaro Vallejo por compartir conmigo sus conocimientos y por las horas dedicadas a mi trabajo y a mis dudas, siempre muchas.

A los amigos del CENAT que me aguantaron por bastante tiempo me ofrecieron su ayuda, su colaboración pero sobre todo una bonita amistad; a Carlomagno, Mauricio y Cristhian, los grandes expertos del PRIAS.

Así mismo a toda la gente de CODEFORSA que siempre me colaboraron desinteresadamente. ASIREA y FUNDECOR que me colaboraron también.

BIOGRAFÍA

El autor nació en San José el 19 de marzo de 1977. Se graduó en el Instituto Tecnológico de Costa Rica en el 2002 en la Escuela de Ingeniería Forestal donde se especializó en labores relacionadas con los Sistemas de Información Geográfica (SIG), después de esto se dedicó a trabajar con empresas privadas y como consultor en temas relacionados con SIG y plantaciones forestal, ingresando de nuevo al ámbito académico en el 2006 en el Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza CATIE.

Su tesis de pregrado fue realizada gracias a la cooperación de la Organización de Estudios Tropicales OET en la creación de un Mapa Histórico del Uso del Suelo en la Estación Biológica La Selva desde 1966 hasta 200, esto utilizando fotografías aéreas e imágenes de satélite IKONOS.

Después de sus labores profesionales en el campo forestal decidió volver a las aulas para aumentar sus conocimientos y durante el 2005 decidió ingresar a CATIE para con esto cumplir una más de sus metas.

CONTENIDO

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
BIOGRAFÍA.....	V
CONTENIDO	VI
RESUMEN	X
SUMMARY.....	XII
ÍNDICE DE CUADROS	XIV
ÍNDICE DE FIGURAS	XVI
LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS	XVIII
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Caracterización del problema	2
1.2 Objetivos del estudio.....	5
1.2.1 <i>Objetivo General</i>	5
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i>	5
1.3 Hipótesis del estudio	5
2 MARCO CONCEPTUAL	6
2.1 Plantaciones forestales	6
2.2 Plantaciones forestales en Costa Rica.....	9
2.3 Demanda de madera de plantaciones forestales	11
2.3.1 <i>La demanda de tarimas para productos de exportación</i>	13
2.4 Oferta de madera de plantaciones forestales	13
2.5 Productividad de las plantaciones forestales en Costa Rica.....	16
2.6 Modelos genéricos de crecimiento	17
2.6.1 <i>Crecimiento en altura</i>	17
2.6.2 <i>Crecimiento en diámetro</i>	18
2.7 Valoración económica del recurso.....	19
2.7.1 <i>Concepto de valor</i>	19
2.7.2 <i>Valor Presente Neto (VPN)</i>	21
2.7.3 <i>Valor Esperado de la Tierra (VET)</i>	22

2.7.4	<i>Valor Inmaduro del Rodal (VIR_y)</i>	25
2.7.5	<i>Valor de liquidación (VLiq)</i>	27
2.7.6	<i>Análisis de sensibilidad</i>	27
3	MATERIALES Y MÉTODOS	29
3.1	Descripción del área de estudio	29
3.1.1	<i>Zona Norte Atlántica</i>	29
3.2	Premisas del estudio.....	32
3.3	Objetivo 1: Determinar la rentabilidad de los rodales que comprenden la base forestal de plantaciones de la Zona Norte Atlántica de Costa Rica	33
3.3.1	<i>Evaluación física del recurso</i>	33
3.3.2	<i>Determinación de la magnitud de la base forestal</i>	35
3.3.2.1	Verificación de uso del suelo actual mediante el uso de sensores remotos.....	35
3.3.2.2	Consultas con organizaciones, gubernamentales, no gubernamentales y empresas privadas.	35
3.3.2.3	Giras de campo para verificar proyectos de más de 5 ha, ubicados en el estudio de Calvo et al 2006.	36
3.3.2.4	Talleres con regentes por zonas	37
3.3.2.5	Entrevistas individuales a regentes	39
3.3.3	<i>Modelación del crecimiento futuro de la base forestal de plantaciones</i>	39
3.3.3.1	Modelos de altura (h)	39
3.3.3.2	Modelos de diámetro (dap).....	41
3.3.3.3	Perfiles de crecimiento	45
3.3.4	<i>Análisis de inversiones</i>	48
3.3.4.1	Flujos de caja (Ingresos y costos)	48
3.3.4.2	Valor Esperado de la Tierra (VET).....	53
3.4	Objetivo 2: Determinar el valor total de la base forestal de plantaciones evaluada mediante el uso del Valor Inmaduro del Rodal (VIR _y) y el Valor de Liquidación. 54	
3.4.1	<i>Valoración económica del recurso</i>	54

3.5	Objetivo 3: Identificar los factores económicos, de mercado y de inversiones intrínsecas que han llevado a un desinterés por la reforestación.	54
3.5.1	<i>Análisis de sensibilidad</i>	55
3.5.1.1	Tasa Mínima Aceptable.....	55
3.5.1.2	Precio Implícito de la Madera en Pie (PIMP).....	56
3.5.1.3	Distancia a mercados.....	57
3.5.1.4	Pago por Servicios Ambientales	57
3.5.1.5	Estimación del volumen en pie	58
3.6	Objetivo 4: Determinar el aporte de las plantaciones al abastecimiento presente y futuro de madera en la Zona Norte de Costa Rica.	58
3.6.1	<i>Demanda de madera de plantaciones forestales en la Zona Norte.</i> 58	
3.6.2	<i>Oferta de madera en la Zona Norte</i>	59
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	60
4.1	Objetivo 1: Determinar la rentabilidad de los rodales que comprenden la base forestal de plantaciones de la Zona Norte Atlántico de Costa Rica.	60
4.2	Objetivo 2: Determinar el valor total de la base forestal de plantaciones evaluada mediante el uso del Valor Inmaduro del Rodal (VIRy) y el Valor de Liquidación (Vliq).	71
4.3	Objetivo 3: Identificar los factores económicos, de mercado y de inversiones intrínsecas que han llevado a un desinterés por la reforestación, mediante un análisis de sensibilidad.	75
4.3.1	<i>Tipos de inversionistas y la rentabilidad de la actividad (TMA)</i>	76
4.3.2	<i>Precio Implícito de la Madera en Pie (PIMP)</i>	81
4.3.3	<i>Zona de procesamiento de la madera</i>	85
4.3.4	<i>Incentivos</i>	87
4.3.5	<i>Estimación del volumen proyectado</i>	90
4.4	Objetivo 4: Determinar el aporte de las plantaciones al abastecimiento presente y futuro de madera en la Zona Norte de Costa Rica.	93
4.4.1	<i>La producción de tarimas y el abastecimiento de madera.</i>	104
4.4.2	<i>Teca de exportación</i>	106
4.4.3	<i>Escenario 1 (1,000 ha*año⁻¹)</i>	107
4.4.4	<i>Escenario 2 (2,000 ha*año⁻¹)</i>	108

5	CONCLUSIONES.....	110
5.1	Objetivo 1.....	110
5.2	Objetivo 2.....	111
5.3	Objetivo 3.....	111
5.4	Objetivo 4.....	113
6	BIBLIOGRAFÍA.....	114
7	ANEXOS	119

RESUMEN

Los productos maderables provenientes de plantaciones han tomado un gran auge en la economía nacional debido principalmente a un cambio histórico en el consumo de madera proveniente de esta fuente, el aumento en el consumo de madera a nivel nacional ha traído consigo algunas fallas en el mercado de la madera que han puesto a al país frente a una crisis en el suministro de madera de fuentes renovables como las plantaciones, es en esta problemática que se circunscribe el presente estudio.

El objetivo del presente estudio fue determinar desde el punto de vista económico y de abastecimiento la contribución de las plantaciones forestales al abastecimiento de madera, así como las causas intrínsecas del poco éxito de la reforestación en la Zona Atlántica de Costa Rica como una inversión rentable y atractiva.

Durante el estudio se evaluaron, utilizando la metodología del VET (Valor Esperado de la Tierra), un total de 6,405 ha para poder determinar el estado del recurso forestal y el potencial de aporte al consumo de madera futuro y actual, así como una análisis de sensibilidad para determinar cuáles factores son los que más afectan la rentabilidad en la inversión forestal en plantaciones forestales.

Los resultados mostraron que el aporte de las plantaciones no logrará cubrir la demanda para los próximos 10 años, es mas el déficit esperado será del 43.5 % para este período, así mismo se logró determinar que si se plantarán anualmente 2,000 ha de plantaciones en forma sostenida el déficit sería cubierto en el año 2018 con de superávit del 13.6%.

Con la idea de determinar cuáles han sido los factores que más influyen en la rentabilidad de la inversión forestal en plantaciones forestales se realizó un análisis de sensibilidad que dio como resultado que la TMA (Tasa Mínima Aceptable), esto pues un inversionista adinerado (IP) el cual es descrito por la TMA mas baja tiene hasta 1,624% mas rentabilidad que un inversionista de fondos propios (IPFP) y hasta 1,713% mas rentabilidad

que el inversionista deudor (IDSBN), esto demuestra que la inversión forestal es una actividad que requiere mucho capital.

El otro factor en orden descendente que más afecta la rentabilidad es el Precio Implícito de la Madera en Pie las variaciones en la rentabilidad fueron hasta del 105%, siempre fue más rentable cuando el PIMP fue mayor y el caso contrario cuando el PIMP disminuyó.

El factor que menos influyó en la rentabilidad de una plantación forestal fue el PSA como incentivo financiero, el PSA como incentivo tiene solamente un efecto sobre la rentabilidad de un 4.95%, si el PSA se mantuviera fijo hasta la rotación final pero con un monto como utilizado en los PSA de conservación el aumento en la rentabilidad es de solamente un 0.71% , esto demuestra que este si bien es una de las fuentes de financiamiento de la actividad el efecto en la rentabilidad es el menor de los evaluados en este estudio.

SUMMARY

This study seeks to improve the current discourse regarding the sustainable production of timber within Costa Rica. Timber production in Costa Rica has recently become an important economic topic due to a dramatic change in the sourcing of wood from natural forests to timber plantations. Timber plantations have so far been unable to meet this increased demand and Costa Rica now faces ongoing timber shortages. ,

The main objective of this study was to determine, from an economic perspective, the factors that have contributed to the low profitability of timber cultivation in the Atlantic North zone of Costa Rica.

During the study 6,405 hectares were evaluated using the Land Expectation Value (LEV) or Soil Expectation Value (SEV) methodology to determine the current state of timber plantation investments and their optimal rotations. By maximizing the Land Expectation Value we hope to project timber production over the next 20 years highlighting periods of severe shortage and possible corrective actions.

The results indicate that domestic timber production will not cover future demand. In fact, over the next 10 years the shortfall will approximate 43.5% of total demand. However, the results also indicate that an additional planting of 2,000 ha per year can eliminate the deficit by the year 2018 and potentially provide a surplus of 13.6%.

In order to determine which factor has more influence on timber plantation investment profitability a sensitivity analysis was performed indicating that the Minimal Acceptable Rate (TMA –Tasa Mínima Aceptable), which was used to describe the type of investor is the variable that most affects timberland investment profitability.

Timber plantations are very capital intensive projects. The extent to which debt is required to establish a plantation most effects the ultimate profitability of that plantation. An

investor that can self finance the establishment of a plantation will earn 1,624% more than an investor that requires an agricultural loan.

The second most important factor influencing timber plantation profitability is the stumpage price. An increase in the stumpage price of 10,117 colones per cubic meter increased profits by 105%.

The least important factor influencing timber plantation profitability was the national government's incentive for promoting reforestation (PSA: "Pago de Servicios Ambientales"). Government incentives only increased profitability by 4.95% (assuming the incentive was fixed until the end of the rotation). This indicates that unfocused incentives have little influence on the profitability of this important industry.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Demanda por contratos para PSA por modalidad desde 1997 hasta 2005 (PENDHS 2006).....	10
Cuadro 2. Información colectada en los formularios de pre-validación.	38
Cuadro 3. Datos de diámetro máximo observado por especie.	43
Cuadro 4. Matriz de posibles combinaciones de perfiles de manejo para las especies, ejemplo de Acacia mangium.	46
Cuadro 5. Perfiles creados para la proyección del crecimiento de los rodales evaluados y detalle de un perfil.	47
Cuadro 7. Resumen de Perfiles de costos seleccionados para diferentes tipos de manejo.....	51
Cuadro 8. Detalle de la inclusión de costos fijo y costos permanentes en la creación de la base de datos para el cálculo del flujo de caja.	52
Cuadro 10. Distancia y costos aproximados para diferentes opciones de procesamiento de madera proveniente de plantaciones.....	57
Cuadro 11. Rentabilidad ponderada para los sitios promedio por especie evaluadas en el año 2007 de la base forestal de plantaciones y el volumen promedio en corta final al momento de alcanzar el turno de rotación óptimo.	63
Cuadro 12. Grupo de perfiles para especies en sitios de alta y mediana productividad que generan alta rentabilidad, Turnos económico de rotación optima para cada uno de esas especies y el área bajo cada perfil.	65
Cuadro 13. Grupo de perfiles para especies en sitios de baja, alta y mediana productividad que generan baja rentabilidad, Turnos económico de rotación optima para cada uno de esas especies y el área bajo cada perfil.	67
Cuadro 14. Grupo de perfiles para especies en sitios de baja, alta y mediana productividad que generan rentabilidad marginal, Turnos económico de rotación optima para cada uno de esas especies y el área bajo cada perfil.	69
Cuadro 15. Clasificación de la rentabilidad de las especies según los perfiles evaluados y la cantidad de área (hectáreas) bajo cada una de las condiciones de rentabilidad.	70
Cuadro 16. Valor total de la base forestal de plantaciones de la Zona Norte y Atlántico de Costa Rica para el año 2007, momento en el cual se realizó la evaluación.....	72

Cuadro 17. Valor inmaduro y Valor de liquidación de las especies evaluadas y su respectiva proporción respecto al total de la base forestal de plantaciones.	74
Cuadro 18. Variaciones en el PIMP para las especies seleccionadas de la base forestal de plantaciones forestales de la Zona Norte Atlántica.	76
Cuadro 19. Variaciones en el PIMP para las especies seleccionadas de la base forestal de plantaciones forestales de la Zona Norte Atlántica.	86
Cuadro 20. Consumo de madera en rollo de los aserraderos según región geográfica (Arce y Barrantes 2006).	94
Cuadro 21. Consumo de madera proveniente de plantaciones en la zona Norte y Atlántica de Costa Rica.	95
Cuadro 22. Resumen de los modelos genéricos de crecimiento de la altura total promedio (H), diámetro a la altura del pecho (DAP) según las densidades de los rodales que conforman la base forestal de plantaciones en la Zona Norte Atlántica de Costa Rica.	100
Cuadro 23. Proyección de la oferta y demanda de madera de la base forestal de plantaciones forestales de la Zona Norte Atlántica (ZNA) y el déficit esperado, en m ³ -r y en porcentaje, proyectado para los próximos 20 años.	102

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. De la deforestación a una transición vía mercados (Palo 2000)	8
Figura 2. Demanda de madera en las industrias y otros procesos en el año 2005 (Barrantes y Arce 2006).	11
Figura 3. Aserraderos en Costa Rica según Área de Conservación (Ortiz 2004).....	12
Figura 4. Distribución de áreas reforestadas, plantadas con frutales y café y cacao en Costa Rica. Fuente: Calvo et al. (2006).....	15
Figura 5. Valor esperado de la tierra VET (Willingness to pay for land), para una TMA de 5% . Fuente: Klemperer 1996.	24
Figura 6. Maximización del VET para <i>Pinus oocarpa</i> en la Finca Comercial del CATIE. Fuente: Elaboración con datos propios y Curso Inversiones Forestales en el Tropicó.	25
Figura 7. Delimitación del área de estudio. Fuente: Ortiz 2004 y Calvo et al. 2006.	31
Figura 8. Diagrama de flujo resumen de la metodología utilizada para cubrir los objetivos propuestos.	34
Figura 9. Descripción de la metodología de recorrido rápido.	36
Figura 10. Distribución de la altura total para <i>Hyeronima alchorneoides</i> a diferentes edades.	40
Figura 11. Distribución del Diámetro a la altura del pecho (dap) para <i>Eucalyptus sp.</i> a diferentes edades.	45
Figura 12. Valor Esperado de la Tierra máximo promedio de las especies que conforman la base forestal de plantaciones de la Zona Norte y Atlántico de Costa Rica.	62
Figura 13. Efecto de la TMA en la rentabilidad de las especies seleccionadas.	77
Figura 14. Efecto de la TMA en la rentabilidad de dos especies con rentabilidad baja y su efecto sobre el turno óptimo de los rodales de la base forestal de plantaciones de la Zona Norte y Atlántica.	78
Figura 15. Efecto de la TMA en la rentabilidad de dos especies con rentabilidad marginal y su efecto sobre el turno óptimo de los rodales de la base forestal de plantaciones de la Zona Norte y Atlántica.	80
Figura 16. Efecto de la PIMP en la rentabilidad de dos especies con rentabilidad alta y su efecto sobre el turno óptimo de los rodales.	82

Figura 17. Efecto de la PIMP en la rentabilidad de dos especies con rentabilidad baja (RB) y su efecto sobre el turno óptimo de los rodales.	83
Figura 18. Efecto de la PIMP en la rentabilidad de dos especies con rentabilidad marginal (RM) y su efecto sobre el turno óptimo de los rodales.....	84
Figura 19. Efecto de los incentivos en la rentabilidad de dos especies con rentabilidad alta y su efecto sobre el turno óptimo de los rodales.	88
Figura 20. Efecto de los incentivos en la rentabilidad de dos especies con rentabilidad baja y su efecto sobre el turno óptimo de los rodales.	89
Figura 21. Efecto de los incentivos en la rentabilidad de dos especies con rentabilidad marginal y su efecto sobre el turno óptimo de los rodales.....	90
Figura 22. Efecto de la estimación del volumen en pie, en la rentabilidad de dos especies con rentabilidad marginal y su efecto sobre el turno óptimo de los rodales.	92
Figura 23. Especies encontradas durante la evaluación de la base forestal de plantaciones y el área cultivada de cada una de las especies.....	96
Figura 24. Existencias de rodales capturados por este estudio en la Zona Norte y Atlántica de Costa Rica para el año 2007 y rodales incentivados por medio de PSA por FONAFIFO desde 1998 hasta el 2006. Fuente: PENDHS 2006 y datos propios.....	97
Figura 25. Datos reportados promedio del crecimiento de los rodales evaluados de la base forestal de plantaciones forestales de la Zona Norte y Atlántica de Costa Rica para el año 2007.	99
Figura 26. Escenario de abastecimiento de madera proveniente de la base forestal de plantaciones forestales de la Zona Norte Atlántico de Costa Rica para los próximos 20 años.....	103
Figura 27. Efecto de los bajos precios de la madera sobre la rentabilidad de los rodales de <i>Terminalia amazonia</i> , comercializados como un semiduro común o para tarimas.	105
Figura 28. Escenario de abastecimiento de madera proveniente de la base forestal de plantaciones forestales de la Zona Norte Atlántico de Costa Rica en el escenario de una inclusión de 1,000 ha*año-1 para los próximos 20 años.....	108
Figura 29. Escenario de abastecimiento de madera proveniente de la base forestal de plantaciones forestales de la Zona Norte Atlántico de Costa Rica en el escenario de una inclusión de 2,000 ha*año-1 para los próximos 20 años.....	109

LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS

INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
ONF	Oficina Nacional Forestal
MINAE	Ministerio de Ambiente y Energía
m ³ -r	Metros cúbicos en rollo
PMT	Pulgada Maderera Tica
ACA-HN	Área de Conservación Arenal- Huetar Norte
ACA-T	Área de Conservación Arenal- Tilarán
ACCVC	Área de Conservación Cordillera Volcánica Central
ACG	Área de Conservación Guanacaste
ACMIC	Área de Conservación Isla del Coco
ACLA-P	Área de Conservación La Amistad- Pacifico
ACLA-C	Área de Conservación La Amistad Caribe
ACOSA	Área de Conservación Osa
ACOPAC	Área de Conservación Pacifico Central
ACT	Área de Conservación Tempisque
ACTO	Área de Conservación Tortuguero
MEA	Millenium Ecosystem Assessment
CAF	Certificado de Abono Forestal
FONAFIFO	Fondo Nacional de Financiamiento Forestal
ONG	Organización No Gubernamental
SIG	Sistema de Información Geográfica
FUNDECOR	Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central
CODEFORSA	Comisión de Desarrollo Forestal de San Carlos
ITCR	Instituto Tecnológico de Costa Rica
OTS / OET	Organization for Tropical Studies / Organización para Estudio Tropicales
INBIO	Instituto Nacional de Biodiversidad
PIMP	Precio Implícito de la Madera en Pie
TMA	Tasa Mínima Aceptable

1 INTRODUCCIÓN

La demanda de los mercados internacionales por productos a base de madera está en constante crecimiento debido principalmente a dos factores: el crecimiento poblacional y el incremento del consumo de madera o productos derivados de la madera (Brown y Ball 2000, Cossalter y Pye-Smith 2003). Asimismo, si el consumo mundial de madera se mantuviera constante, la demanda podría aumentar de forma significativa solamente debido al crecimiento poblacional. Mientras la demanda mundial y local de madera crece, una marcada disminución en la cobertura del bosque natural y limitaciones de acceso al recurso remanente han dado como resultado un aumento de interés en las plantaciones forestales (Brown y Ball 2000).

El caso de Costa Rica no es la excepción. Para el año 2000, según el Censo Nacional Poblacional del INEC, el país contaba con 3,925,331 habitantes y según las proyecciones del mismo instituto, para finales de 2010 serán 4,691,553 habitantes (INEC 2006). Solamente por este incremento poblacional se espera un aumento en el consumo aparente de madera de entre los 830,000 m³ (Sage 2002) y 950,000 m³ (Rodríguez 2005).

Por otro lado, la función que pueden tener las plantaciones forestales en satisfacer la demanda mundial de madera se encuentra inevitablemente ligada con los patrones de distribución del establecimiento de las plantaciones en el pasado, el presente y el futuro (Brown 2000). Asimismo, cambios en el inventario de plantaciones son variables importantes que afectan la oferta futura de madera (Trømbong *et al.* 2000).

En el caso particular de Costa Rica la información referente a plantaciones es escasa o nula. En algunos casos se refiere a un total proyectado en función de lo que históricamente se ha registrado versus lo que se ha consumido. Si intentamos determinar cuánto de esto está en pie, la ecuación es aún más complicada. Dado que se desconoce el total de plantaciones forestales en el país, ha sido imposible determinar cuánto es el potencial de producción de madera industrial de las plantaciones. Según proyecciones de

Arce y Barrantes (2004), Costa Rica se encuentra en vías de enfrentar una fase crítica en el suministro de madera de plantaciones forestales y la única forma de definir políticas efectivas para reducir el impacto de esta situación es determinar la situación actual de la base forestal de las plantaciones forestales a nivel nacional.

Con miras a realizar un aporte significativo al conocimiento de la realidad de las plantaciones forestales en Costa Rica, este estudio pretende evaluar el potencial de las plantaciones forestales de suplir madera al mercado nacional, identificar el valor de existencia de las mismas y mediante un análisis de sensibilidad, utilizando como criterio económico el Valor Esperado de la Tierra (VET), identificar cuáles han sido las motivaciones para una disminución en la reforestación en la Zona Norte de Costa Rica.

1.1 Caracterización del problema

En la actualidad Costa Rica es considerado un modelo de cómo las naciones en desarrollo pueden equilibrar la conservación de la naturaleza y el crecimiento económico (Sánchez-Azofeifa *et al.* 2001). Se reportan datos tan favorables como la recuperación de cobertura forestal en la Península de Nicoya, históricamente una zona con altas tasas de deforestación (PENDHS 2006). Pero esto no ha sido siempre así, pues hubo un proceso de deforestación muy fuerte. Según datos de la FAO (1990) Costa Rica ocupó el quinto lugar entre los países con mayor tasa porcentual de deforestación, con una tasa de deforestación de 3.2%/año entre 1976-1980, dato similar al encontrado por Sánchez-Azofeifa *et al.* (2001) para el período entre 1986 y 1991 (4.1%/año).

Durante las décadas de mayor deforestación, Costa Rica inicio un proceso de reconversión de sus estrategias de desarrollo y fomentó ampliamente la reforestación, si bien la cifra exacta no es clara. de Camino *et al.* (2000) estimaron que hasta 1998 se habían reforestado un total de 147,000 hectáreas, mientras que MINAE (2002) estima que desde 1972 hasta 2001 se habían plantado 195,000 hectáreas en el país. Asimismo se desconocen en gran medida las características de estas plantaciones. En Costa Rica, al igual que en el resto de Centroamérica, no existe experiencia de manejo de plantaciones en todo el turno

de corta, para poder determinar la función de producción de los rodales que quedan en pie. Tampoco se conoce cuánto es la existencia real de madera del país; se desconoce el conjunto de especies y por demás se desconoce la oferta de madera para el abastecimiento futuro. Todo lo anterior debido principalmente a un fomento de las plantaciones enfocado en cantidad (área) y no tanto la calidad, en el cual inicialmente se fomentó el establecimiento de especies exóticas y nativas con poco o ningún conocimiento silvicultural, ningún conocimiento de la genética de las especies y sin una optimización de la interacción sitio-especies, sin mencionar que las especies impulsadas mediante incentivos del estado como: la exoneración del impuesto sobre la renta, los Certificados de Abono Forestal (CAF) y Certificados de Abono Forestal por Adelantado (CAFA) no tenían mercados bien definidos para los productos que se esperan generar y los precios obtenidos en mercados alternativos no permitieron darle valor a estas plantaciones.

Estas situaciones históricas han generado un incentivo, pero no a las plantaciones sino, más bien a la industria forestal y a la liquidación inmadura de las plantaciones debido a un exceso de madera en los mercados sin precios claramente definidos, compitiendo la reforestación con madera proveniente de tala ilegal y/o aprovechamiento de alto impacto que igualmente no valorizan la madera, generando situaciones de desabastecimiento de madera y rechazo de los productores a la reforestación, considerando estos que la reforestación no es una actividad rentable y que los precios no responde a la inversión .

Datos de la Oficina Nacional Forestal (ONF) indican que las plantaciones forestales son la fuente principal de madera para consumo nacional con un aporte del 63% del total de madera procesada, excluyendo la producción de papel, de la cual Costa Rica es altamente deficiente (Arce & Barrantes 2004). Por otro lado, si bien el consumo de madera no presenta una tendencia clara hacia el alza, y según fuentes consultadas fluctúa entre 800,000 m³ (de Camino *et al.* 2000, Sage 2002, ONF 2004, Barrantes & Salazar 2005) y 950,000 m³ (Rodríguez 2005), es bastante alto para un país que se encuentra en una desaceleración de su tasa de reforestación (Sage 2002). Según proyecciones de Sage (2002), para un consumo aparente de 1,000,000 m³ sería necesario plantar

aproximadamente 7,200 ha por año para evitar un desabastecimiento de madera. Este monto es muy superior a lo que reporta el FONAFIFO en el undécimo Informe Estado de la Nación, 3,254 ha en el 2003 y 2,243 ha en el 2004 reforestado por concepto de PSA (PENDHS 2005).

Arce y Barrantes (2004) consideran que en la actualidad existen 54,000 hectáreas de plantaciones forestales de las cuales 24,000 hectáreas corresponden solamente a Melina (*Gmelina arborea*), Rodríguez (2005) reporta un total de 52,038 hectáreas aprovechable para el 2000, por último Calvo *et. al* 2006 en un esfuerzo por determinar la totalidad de plantaciones forestales lograron hacer una estimación de 100,547 hectáreas de plantaciones forestales; cabe resaltar que esta estimación corresponde a plantaciones registradas ya sea en la Administración Forestal, en ONG, empresas privadas, etc.

Sí determinar la cobertura de plantaciones forestales es una tarea que requiere mucha investigación, determinar cuál es la productividad de esta cobertura requiere aún de mayor trabajo. Calcular por ende la oferta de madera de la base forestal actual para abastecimiento futuro es una de las primeras acciones en la implementación de un plan de contingencia ante una posible situación de desabastecimiento de madera.

El desconocimiento de la dimensión, las características de la base forestal de plantaciones y la falta de mercados que valoricen la inversión forestal ha generado un efecto adverso en los precios implícitos de la madera en pie, al existir un proceso acelerado de reforestación con características de cultivo de frontera agrícola (extensivo y con poca valorización de la tierra) como respuesta a un proceso de alta deforestación ha creado una serie de ineficiencias en el proceso de industrialización y en la creación de mercados más justos para el productor forestal. Este conjunto de situaciones han creado un desbalance entre la oferta y la demanda de madera proveniente de plantaciones forestales producto de una temprana liquidación de las plantaciones establecidas a finales de los noventas y la competencia por tierras con cultivos con mejores precios en el mercado, como la piña, banano, etc.

Aún después de muchos esfuerzos por determinar la situación actual de las plantaciones forestales no es posible determinar la dimensión y estructura de la base forestal de plantaciones forestales y por ende se desconocen las razones de la falta de éxito en la reforestación comercial con fines de producción de madera, como se ha expuesto anteriormente se cree que los mercados de la madera han afectado el incentivo a la reforestación, el presente documento pretende ahondar en este tema e identificar esta y otras razones para la disminución en la reforestación comercial.

1.2 Objetivos del estudio

1.2.1 Objetivo General

Evaluar la contribución de las plantaciones forestales al abastecimiento de madera, así como las causas intrínsecas del poco éxito de la reforestación en la Zona Norte Atlántica de Costa Rica como una inversión rentable y atractiva.

1.2.2 Objetivos específicos

Determinar la rentabilidad de los rodales que comprenden la base forestal de plantaciones de la Zona Norte Atlántica de Costa Rica.

Determinar el valor total de la base forestal de plantaciones evaluada mediante el uso del Valor Inmaduro del Rodal (VIRy), para los rodales que no han alcanzado madurez y el Valor de Liquidación (Vliq) para los rodales que sobrepasan la madurez.

Identificar los factores económicos, de mercado y de inversiones intrínsecas que han llevado a un desinterés en la reforestación, mediante un análisis de sensibilidad.

Determinar el aporte de las plantaciones al abastecimiento presente y futuro de madera en la Zona Norte de Costa Rica.

1.3 Hipótesis del estudio

Existe un grupo de especies utilizadas en reforestación comercial en el país que pueden aportar una cantidad considerable de madera para consumo nacional, las cuales pueden ser agrupadas por características de crecimiento.

La función de productividad de las plantaciones forestales puede ser fácilmente clasificada con observaciones de campo y entrevistas a los productores.

Las estructuras de costos e ingresos de las plantaciones forestales pueden ser determinados basándose en el tipo de especie (crecimiento) y el manejo que éstas reciben.

Los precios de la tierra de referencia corresponden al precio promedio de la tierra en la actividad productiva alternativa, este precio puede variar según la zona y el precio de la tierra es al cual se vende un activo y es muy sensible a cambios.

2 MARCO CONCEPTUAL

2.1 Plantaciones forestales

Según la clasificación de FAO, los bosques plantados son áreas plantadas productivas o con fines de protección y componentes plantados de bosques semi-naturales (Del Lungo y Carle 2005). En el caso particular de Costa Rica, de acuerdo con la Ley Forestal 7575, vigente desde 1996, una plantaciones forestal es “un terreno de una o más hectáreas, cultivado de(*sic*) una o más especies forestales cuyo objetivo principal, pero no único, será la producción de madera”, artículo 3 Definiciones (Costa Rica. Poder Legislativo. 1996).

Las plantaciones forestales corresponden a una porción pequeña de la cobertura vegetal del mundo, pero generan tanta controversia como cualquier uso de la tierra. Algunos autores como Carrere (2006) han declarado una guerra directa y sin cuartel a las plantaciones forestales. En su libro “Ten Replies to Ten lies”, Carrere expone al menos diez frases que se usan en relación con las plantaciones forestales. Algunas de éstas son: “Las plantaciones forestales reducen la presión en los bosques naturales”, “Las plantaciones forestales contribuyen a disminuir el efecto Invernadero”, “Las plantaciones forestales son necesarias para proveer las necesidades crecientes de papel” entre otras. Entre los argumentos señalados por Carrere (2006) están que las plantaciones han sido por el contrario una razón de la deforestación, que en ausencia de pruebas cualquier área plantada con árboles debe ser considerada una fuente neta de carbono y no un sumidero y

por último dice que el consumo de papel no es una necesidad sino mas bien es un patrón insostenible de consumo.

Por otro lado, existen muchos autores que con información científica refutan estas afirmaciones. Estudios como los realizados por Rosero-Bixby y Palloni (1997) demuestran que si bien es un poco prematuro determinar el crecimiento poblacional como la razón principal de la deforestación, éste es uno de una serie de factores como son la tenencia de la tierra, desarrollo económico, mercados internacionales y acceso al bosque. Asimismo, Angelsen y Kaimowitz (1999) encontraron que la liberalización económica y algunos ajustes económicos están entre los factores que generan más presión sobre los bosques.

Palo (2000) indica que bajo circunstancias de baja rentabilidad y bajos precios de la madera en pie, la deforestación con diversos fines ha sido financieramente más beneficiosa para los agentes económicos que toman ese tipo de decisiones. Por tanto la valorización de los bienes y servicios que presta el bosque y las plantaciones podría también promover la desaceleración de la deforestación. Según esta afirmación y los datos del autor, un aumento en los precios de la madera en pie dará como resultado una disminución en la demanda de madera en rollo; simultáneamente los incentivos financieros para el manejo de bosque naturales y semi-naturales aumentará, lo cual podría proveer un incentivo al incremento en la inversión en plantaciones forestales y con esto un aumento en la cobertura vegetal de país, así como un incentivo para aumentar el valor agregado de la madera mediante el procesamiento de madera en rollo (Figura 1) (Palo 2000).

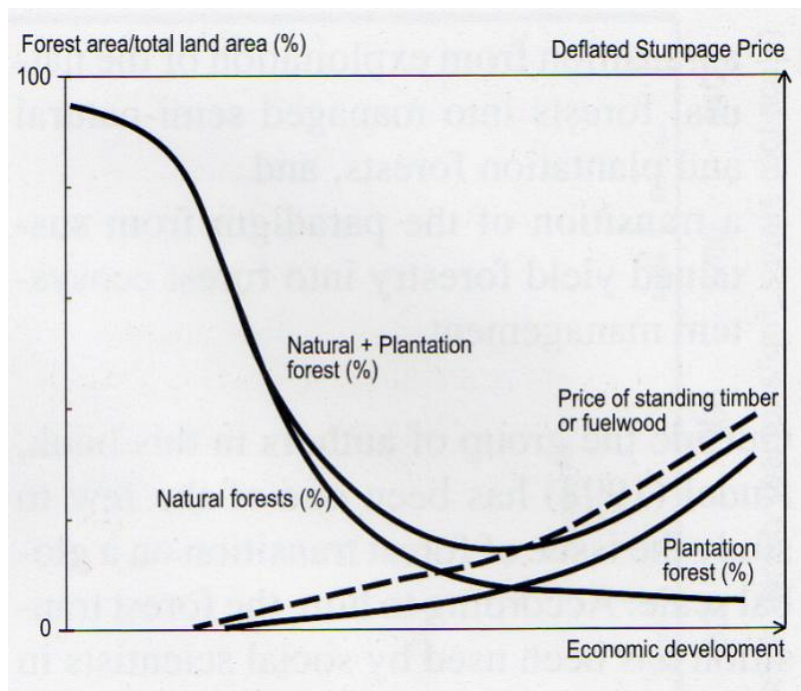


Figura 1. De la deforestación a una transición vía mercados (Palo 2000)

Por otro lado los ecosistemas forestales, tanto naturales como establecidos por reforestación, se constituyen en uno de los más importantes proveedores de servicios ecosistémicos (Campos *et al.* 2005), tema de gran relevancia en las discusiones y foros locales e internacionales en los últimos años (Jiménez *et al.* 2004). Tanto es así que las plantaciones han sido incluidas por el IPPC (Intergovernmental Panel on Climate Change) como una actividad elegible para los países Anexo I con el fin de cumplir sus compromisos de reducciones, gracias a la aceptación del protocolo de Kyoto de la reforestación como actividad que califica bajo los Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) (IPCC 2002).

Más específicamente en Costa Rica Montagnini y Porras (1998) encontraron que las plantaciones bien manejadas pueden proveer alternativas viables para ayudar a reducir los niveles de carbono en la atmósfera, principal elemento causante del efecto invernadero. Asimismo es reconocida como una buena opción para los productores forestales (Nabuurs y Mohren 1993).

2.2 Plantaciones forestales en Costa Rica

En Costa Rica, los incentivos forestales han sido el motor más importante de la reforestación. Si bien existían algunas experiencias, prácticamente no hubo reforestación en Costa Rica antes que estos incentivos fueran introducidos (de Camino *et al.* 2000). Los incentivos iniciaron en Costa Rica en 1985 con la deducción de los costos de reforestación al pago de impuestos sobre la renta. En este período se cree se establecieron aproximadamente 37,000 hectáreas de plantaciones. El paso siguiente fue la creación de incentivos directos a la inversión forestal mediante el CAF financiado con recaudos de impuestos, consistente en un monto fijo dado a los productores que establecían plantaciones forestales. La tercera fase se dio al democratizar los incentivos mediante la inclusión de pequeños productores con los CAFA. A finales de 1995 y gracias al Tercer Programa de Ajuste Estructural del Banco Mundial, se imposibilitó la aplicación de estos incentivos. Esta imposibilidad de utilizar los incentivos, hizo que el país recurriera a la utilización del concepto de Pago por Servicios Ecosistémicos o Pago por Servicios Ambientales (de Camino *et al.* 2000), mecanismo de fomento que continúa en operación en la actualidad.

Gracias a la Ley Forestal 7575 publicada en 1996 se reconoce que los servicios ambientales son aquellos “que brindan el bosque y las plantaciones forestales y que inciden directamente en la protección y el mejoramiento del medio ambiente, artículo 3 Definiciones (Costa Rica. Poder Legislativo 1996). Basado en esta primicia y mediante la misma ley, artículo 46, se crea el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal – FONAFIFO, con el objetivo de “financiar, mediante créditos u otros mecanismos de fomento el manejo del bosque, intervenido o no, los procesos de forestación, reforestación, viveros forestales, sistemas agroforestales, recuperación de áreas desnudas y los cambios tecnológicos en aprovechamiento e industrialización de los recursos forestales. También captará financiamiento para el pago de los servicios ambientales que brindan los bosques, plantaciones forestales y otras actividades...” (Costa Rica. Poder Legislativo 1996).

Mediante el aporte del FONAFIFO y desde 1997 se han reforestado un total de 24,279 hectáreas, siendo este un aporte muy importante a la activación del sector forestal de plantaciones, aunque desde su inicio la aceptación ha sido bastante baja en relación con la cantidad de hectáreas que ha incluido al FONAFIFO para pago por servicios ambientales por concepto de protección de bosque. El pago por servicios ambientales ha resultado ser para muchos dueños de terrenos una opción para conservar el recurso arbóreo. De hecho, en su primer año de registro se pagaron 88,830 hectáreas por concepto de protección de bosque mientras que para el mismo año se registraron solamente 4,629 hectáreas por concepto de reforestación. Aún más alarmante resulta la comparación si observamos que para el año 2005 se mantuvo el pago por 53,493 hectáreas por el concepto de protección de bosques y solo 3,602 hectáreas por concepto de reforestación, mostrando éste último una disminución del 22% (1,027 hectáreas menos) entre 1997 y 2005 (PENDHS 2006) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Demanda por contratos para PSA por modalidad desde 1997 hasta 2005 (PENDHS 2006).

Año	Modalidad				Total
	Protección de bosque	Manejo de bosque	Reforestación	Plantaciones con recursos propios	
1997	88,829.8	9,324.5	4,629.4	0.0	102,783.7
1998	47,803.8	7,620.4	4,172.5	319.0	59,915.7
1999	55,776.0	5,124.8	3,156.0	724.1	64,780.9
2000	26,583.2	0.0	2,456.8	0.0	29,040.0
2001	20,629.0	3,997.0	3,281.0	0.0	27,907.0
2002	21,818.9	1,999.2	1,085.5	0.0	24,903.6
2003	65,405.0	0.0	3,155.0	204.8	68,764.8
2004	71,081.0	0.0	1,557.0	0.0	72,638.0
2005	53,493.0	0.0	3,602.0	0.0	57,095.0
Total	451,419.7	28,065.9	27,095.2	1,247.9	507,828.7

Esta disminución en la reforestación ha sido marcada y demuestra el desinterés de los inversores en la actividad. Mientras la oferta de contratos por PSA para protección es cubierta en cada período, la reforestación se mantiene a la baja.

2.3 Demanda de madera de plantaciones forestales

Los estudios más recientes de consumo de madera muestran claramente una preferencia de la industria, debido a muchos factores externos e internos, por madera proveniente de plantaciones forestales. En el año 2005 se cosecharon, procesaron y comercializaron en el país unos 1,018,569 metros cúbicos en rollo m^3 -r de los cuales 666,643 m^3 -r (65%) provinieron de plantaciones forestales, 51,468 m^3 -r (5%) de los bosques y 300,458 m^3 -r (30%) de terrenos de uso agropecuario (Figura 2) (Barrantes y Arce 2006).

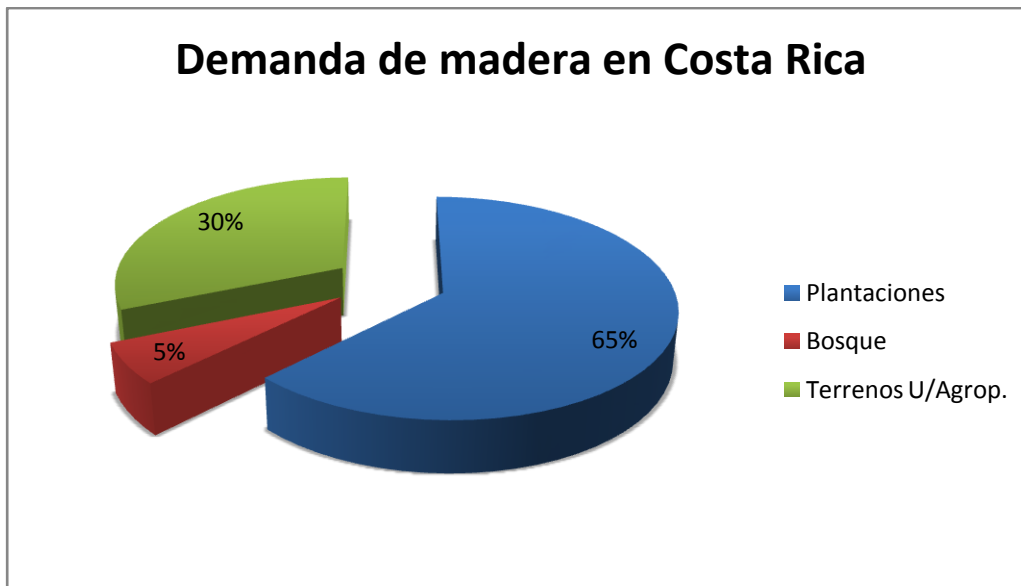


Figura 2. Demanda de madera en las industrias y otros procesos en el año 2005 (Barrantes y Arce 2006).

Otro factor importante en el consumo de la madera es la concentración de la industria forestal en una zona del país. El estudio de Barrantes y Arce (2005) identificó 157 aserraderos en operación para completar 828,001 m^3 -r, los mismos autores encontraron solamente 147 aserraderos estacionales en operación para un total de 578,635 m^3 -r, la diferencia entre el total reportado para ese mismo año corresponde a otras formas de procesamiento fuera de los aserraderos estacionarios, tales como: aserrío portátil y la fabricación artesanal de tarimas y molduras, entre otros. Ortiz (2004) identificó y localizó

159 aserraderos a nivel nacional, en su mayoría localizados en el ACCVC con el 38% de los aserraderos a nivel nacional, seguido por el ACA-HN con 33 aserraderos (21%), estas dos áreas de conservación; una con la mayor población y la segunda con la mayor cantidad de actividad forestal (Figura 3).

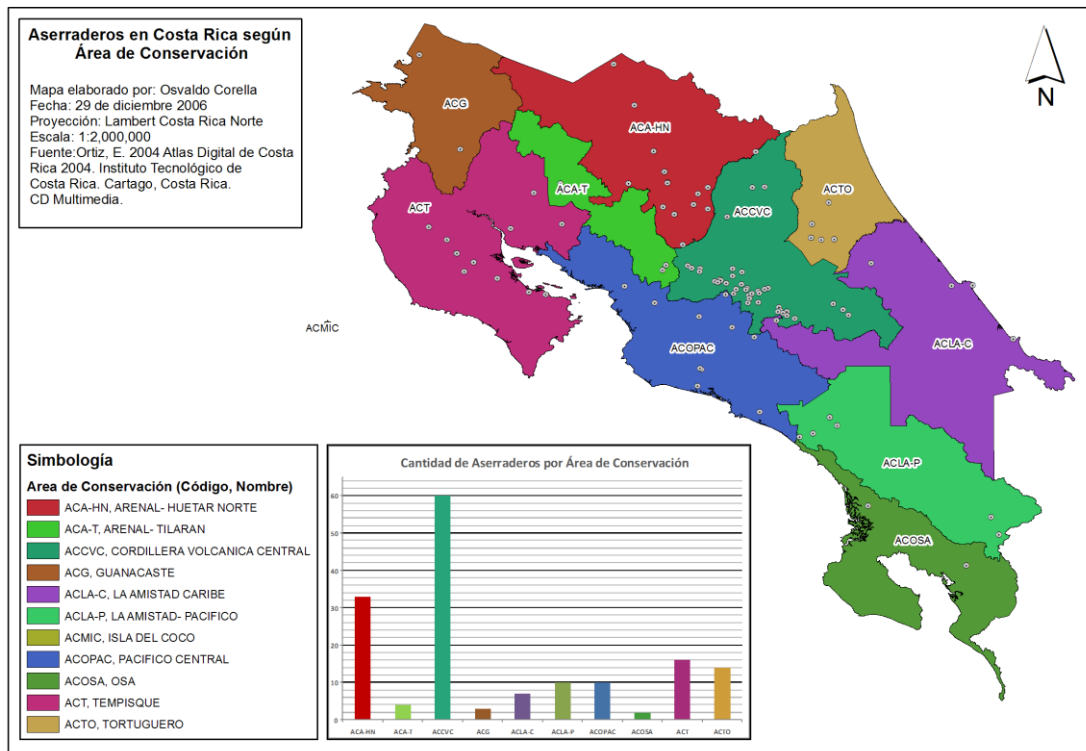


Figura 3. Aserraderos en Costa Rica según Área de Conservación (Ortiz 2004).

La situación de la demanda de madera no prevé cambios significativos. Desde 1998 no se muestra una tendencia clara al aumento o la baja en el consumo de madera de fuentes nacionales, ya que ésta ha fluctuado entre 612,000m³-r (en 1999) y 949,000 m³-r (en el 2001) (Barrantes y Arce 2004). Esto claramente coincide con las proyecciones y estimaciones de Rodríguez (2005) con 950,000 m³-r. Luego de consultar varias fuentes (de Camino *et al.* 2000, Sage 2002, ONF 2004, Barrantes & Salazar 2005, Rodríguez 2005), es claro que la demanda de madera está claramente identificada por los autores y ronda el 1,000,000 m³-r.

2.3.1 La demanda de tarimas para productos de exportación

Solamente en el último año de estadísticas por parte de la ONF y según datos de Barrantes y Salazar (2005), en el año 2004 se construyeron alrededor de 3,000,000 de tarimas de las cuales se utilizaron aproximadamente 2,000,000 para embalaje de banano, principal producto de exportación agrícola (COMEX 2006). Se esperaba que esta demanda por madera de plantaciones aumentara debido principalmente al aumento de las exportaciones y que para el año 2005 se hubiesen requerido de aproximadamente 4,575,000 unidades (Arce y Barrantes 2004).

La demanda por madera de plantaciones hace evidente que hay una sobreexplotación de la madera de plantaciones, proveniente de prácticas silviculturales inadecuadas tales como cosechas anticipadas de plantaciones en crecimiento y la ejecución de los denominados raleos por lo alto (Arce y Barrantes 2004). El caso de la Melina (*Gmelina arborea*) movida principalmente por la demanda de tarimas, producto que paga hasta un 50% menos del precio de mercado por la madera, y la Teca (*Tectona grandis*) que está siendo cosechada antes de tiempo para su exportación en rollo especialmente a China e India.

2.4 Oferta de madera de plantaciones forestales

Las plantaciones forestales en el mundo, según datos de FAO (2005), corresponden al 4% del total de bosques en el mundo (los cuales cubren aproximadamente cuatro mil millones de hectáreas, el 30% del área de la tierra), pero solamente un 78% de éstas pueden ser consideradas como plantaciones industriales.

Aunque relativamente menores en área, comparadas con los bosques naturales, el sector de las plantaciones forestales tiene el potencial de contribuir significativamente a la oferta de madera industrial, gracias a su alto rendimiento (Montagnini y Porras 1998, Bull *et al.* 2006) y a las menores restricciones en su uso. En este aspecto Costa Rica ha

reportado rendimientos muy altos para especies como Melina (Piotto *et al.* 2002), la especie más plantada en el país, y Teca (Perez 2005).

El potencial de aporte al consumo de madera nacional está inevitablemente ligado a la calidad y cantidad de madera que representan las plantaciones. Si bien se cree que existe un grupo importante de plantaciones a nivel comercial que son las encargadas de suplir la demanda del 63% del consumo de madera, es poco lo que se conoce de ellas.

Los autores consultados desconocen el tamaño actual de la base forestal de plantaciones forestales y se limitan a datos históricos como 131,913 hectáreas plantadas entre 1990-2002 (Herrera 2003 citado por Arias 2004), 195,000 hectáreas entre 1972 y 2001 (MINAE 2002), 147,000 hectáreas hasta 1998 (de Camino *et al.* 2000); de estos, los únicos autores que determinaron una aproximación a la cantidad actual fueron Arce y Barrantes (2004), quienes consideran que para el año 2004 existen aproximadamente 54,000 hectáreas de plantaciones forestales, pero sin datos para determinar el potencial productivo y de existencias.

Cabe rescatar el esfuerzo realizada por Calvo *et al.* (2006) quienes lograron capturar 100,547 hectáreas de plantaciones que han sido monitoreadas por alguna institución u ONG. Esta base geográfica presenta la información más completa respecto a plantaciones forestales en el país, que recolecta información de INBio (Proyecto ECOMERCADOS), FONAFIFO, COSEFORMA, OET, FUNDECOR y empresas privadas de mediana y gran escala. Si bien esta base de datos no identifica la permanencia de las 100,547 hectáreas de plantaciones forestales, sí logra diferenciar entre plantaciones y cultivos permanentes como café, cacao o frutales y es actualmente la información más importante respecto a cobertura de plantaciones en el país, aunque en la misma se colectó solamente la ubicación y extensión de las plantaciones (Figura 4).

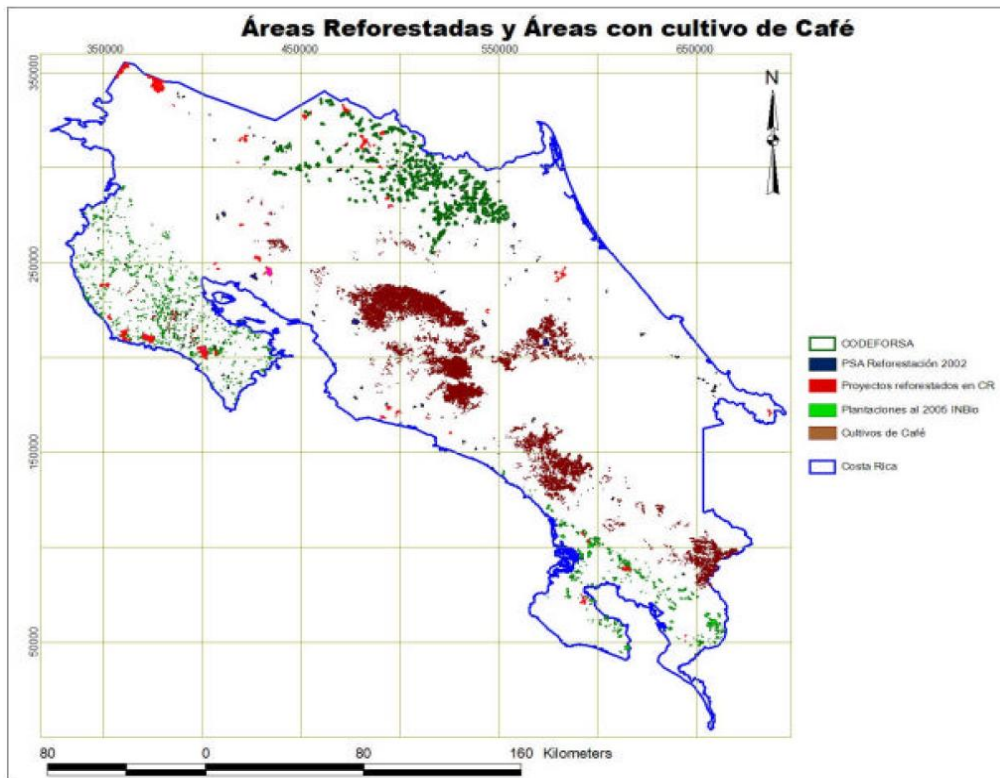


Figura 4. Distribución de áreas reforestadas, plantadas con frutales y café y cacao en Costa Rica. Fuente: Calvo et al. (2006).

La información colectada en esta base de datos da una clara idea de la existencia de núcleos de actividad forestal en el país y podría ser validada y complementada mediante talleres y trabajos de campo. El conocimiento de la ubicación espacial de la demanda (aserraderos) y la oferta (plantaciones) de madera en la zona, es importante en la definición de la ubicación futura de núcleos de la actividad forestal, Guerra (1992) explica como el principio de los círculos concéntricos de Von Thunen pueden ser determinantes para entender la problemática de la utilización de la tierra. Este principio establece que los productos con mayores costos de transporte, en relación con su valor, se producirán más cerca de los lugares de consumo que los que tiene un costo bajo de transporte. En el caso de las plantaciones forestales en la zona Norte, Navarro 1999 encontró que altos costos de transporte en relación con el valor de la madera producen valores bajo de rentabilidad, mediante la utilización del Valor Esperado de la Tierra (VET), en este caso para una operación de primer raleo comercial de *Gmelina arborea* en la Zona Atlántica de Costa Rica en el año 1998 el 42% de los costos del raleo corresponde al transporte a una

distancia de entre 60-80 kilómetros y este mismo costo de transporte corresponde a el 39% del valor de la madera bajo estas condiciones.

2.5 Productividad de las plantaciones forestales en Costa Rica

Como se expone en la sección 2.4 (Oferta de madera de plantaciones forestales), Costa Rica ha reportado crecimientos muy buenos de algunas especies de importancia forestal. La Melina fue inicialmente plantada en todo tipo de suelos, con resultados variables, desde muy buenos en algunos casos hasta pobres en otros. Actualmente se establecen plantaciones para producir 150-294 m³/ha en rotaciones de 12 años (Vallejo 1998), con la posibilidad de procesar madera de diámetros menores a los tradicionales (15-16 cm de diámetro) (Moya 2004).

Otra especie que continúa llamando la atención de inversionistas y productores es la llamada “Reina de las maderas”, la teca. Sólo en Costa Rica, mediante trabajo de campo, se han establecido varios escenarios de crecimiento. Un ejemplo claro de éstos es el desarrollado por Pérez y Kanninen 2005, con datos colectados desde 1997 hasta 2003. Este escenario fue utilizado para crear las proyecciones de crecimiento de empresas forestales en Panamá y actualmente utilizado para evaluar crecimiento en plantaciones forestales en la Zona Norte. Este mismo autor reporta rendimientos entre 145 m³/ha y 386 m³/ha para rotaciones superiores a 20 años.

Otras especies como *Balizia elegans*, *Calophyllum brasiliense*, *Dipteryx panamensis*, *Genipa americana*, *Hieronyma alchorneoides*, *Jacaranda copaia*, *Terminalia amazonia*, *Virola koschnyi*, *Vochysia ferruginea* y *Vochysia guatemalensis*, , han sido probadas en plantaciones mixtas y puras con buenos resultados en la Zona Norte del país, donde se han obtenido producciones desde 212.8 m³/ha (plantación pura; *Balizia elegans*), hasta 417 m³/ha (plantación pura; *Vochysia guatemalensis*) y 450 m³/ha (plantación mixta; *Vochysia guatemalensis*, *Jacaranda copaia* y *Calophyllum brasiliense*) (Alice et al. 2004).

Como se expreso anteriormente el rendimiento futuro esta inevitablemente ligado a la existencia actual y por lo tanto es necesario determinar el estado actual de crecimiento y mediante la proyección del crecimiento actual el crecimiento futuro de un rodal con base a su estado actual y para esto es necesario modelar el crecimiento.

2.6 Modelos genéricos de crecimiento

Un modelo es una estructura que idealmente muestra las proporciones y el arreglo de sus componentes (Vanclay 1995) y comúnmente es referido como una expresión formal de una teoría (Ford-Robertson 1971 citado por Vanclay 1995). Los modelos de crecimiento pueden ser tan variados como el cultivo. Hay modelos de crecimiento de un solo cultivo, pero también hay modelos de crecimiento de bosques con muchas especies (Philip 1994), y pueden ser clasificados según el grado de variación en el crecimiento en el rodal según Philip (1994) de la siguiente forma:

Modelos de crecimiento de un rodal: pueden predecir el crecimiento de un rodal con base en parámetros generales como área basal total por hectárea, valores promedio como el volumen promedio por árbol o por distribuciones de frecuencia de variables como forma y calidad (Phillip 1994).

Modelos de crecimiento de árboles individuales: estos modelos predicen el crecimiento de árboles individuales y predicen el rodal como la suma de árboles individuales (Phillip 1994).

2.6.1 Crecimiento en altura

La mayoría de los modelos clásicos de crecimiento, desde los más simples hasta los más complejos, describen el crecimiento potencial mayormente en términos del Índice de Sitio (Sterba 1989), el cual se define como la altura dominante que tiene o tendría un rodal

a una edad base o de referencia. Tradicionalmente la altura dominante se entiende como la altura promedio de los cien árboles más grandes en una hectárea (Alder 1980 citado por Hughell 1990). Algunos autores consideran que si el tamaño de las parcelas es pequeño y la cantidad proporcional de árboles de un sitio es igual a uno se recomienda utilizar la altura promedio de al menos los 3 árboles mas grandes por parcela para determinar la altura dominante (Hughell 1990).

El modelo de Chapman-Richards es ampliamente utilizado para determinar el Índice de Sitio (IS) con base en la edad y altura dominante, mediante el método de cálculo denominado el método de curva guía. Todos los modelos generados a partir del modelo de Chapman-Richards se basan en la siguiente ecuación (Montero y Kanninen 2003):

$$H = IS * [1 - e^{(-b*T)}]^c$$

Donde:

H = Altura total

T = Edad (años)

e = exponencial

IS = Índice de Sitio

b,c = constantes de la regresión por estimar.

2.6.2 Crecimiento en diámetro

La predicción del diámetro de un árbol está altamente ligada a la densidad de un rodal y a la densidad potencial de un sitio, pues ambas describen la posibilidad de los árboles de usar el espacio disponible de un sitio (Sterba 1989).

Algunos autores en Costa Rica han utilizado una variante del modelo de von Bertalanffy (el llamado modelo de Chapman-Richards) como forma de estimar el diámetro de un árbol a una edad dada (Hughell 1990), este modelo es matemáticamente expresado de la siguiente forma:

$$Dap = a * [1 - e^{(-b*T)}]^c$$

Donde:

Dap = Diámetro a la altura del pecho

T = Edad en años

e = exponencial

a,b,c = constantes de la regresión.

Vallejo (en preparación) realizó una recolección de información sobre datos de crecimiento de especies tropicales y subtropicales (Minga, Base de datos de observaciones y modelos de crecimiento para especies forestales tropicales y subtropicales, Archivo Excel), utilizando modelos genéricos de crecimiento de Hd es posible determinar las estrategias de crecimiento en altura para cada conjunto de especies, para determinar la estrategia de crecimiento del Dap existen en la base de datos un conjunto de curvas de la relación Altura/Dap con el efecto de la densidad de la plantación sobre el incremento en diámetro, y con base en esta estrategia un modelo de crecimiento del DAP en función de la Hd y la densidad del rodal.

Como se ha identificado el desabastecimiento de madera no es solo un problema de índole silvicultural sino también un problema de índole económico por lo tanto retoma importancia la valoración del bien para poder promover la mejor utilización de un recurso basado en su verdadero valor.

2.7 Valoración económica del recurso

2.7.1 Concepto de valor

El concepto de valor es tan subjetivo como antiguo ya desde muchos años antes este concepto ya había sido explorado, desde David Ricardo quien decía que las mercancías tenían dos valores: un valor en uso y un valor en cambio. Adam Smith, por otro lado, decía que las cantidades de trabajo necesarias para producir las distintas mercancías varían con el tiempo, y entonces los valores de las mercancías también cambian. Pero lo

importante de recalcar aquí es la subjetividad del valor de un bien y el efecto del tiempo sobre el valor del dinero así como que el dinero como bien siempre tiene usos alternativos; es por eso que existen instituciones financieras que pagan por el uso del capital (Clutter *et al* 1983) y este posible uso alternativo es el que define cual será nuestra impaciencia y por ende una tasa mínima aceptable para una inversión.

El concepto de valor es por ende una percepción humana de la utilidad o satisfacción que un activo, llámese éste tierra, ganado, camiones, tractores, etc., le produce a un individuo bajo circunstancias específicas. Por tanto el valor de una mercancía puede variar entre una persona y otra y entre diferentes circunstancias. Las plantaciones forestales y los bosques son los activos de los inversionistas forestales, estos deben tomar la decisión de renunciar al disfrute de otras cosas que le dan utilidades para obtener el activo que le brindará mayor disfrute en el futuro. Ya que el concepto de valor es tan subjetivo es necesario realizar una aproximación al valor de uso de un recurso natural que esta con constante crecimiento, en este aspecto se conoce bastante respecto al valor de liquidación de las plantaciones forestales o avalúo forestal pero poco respecto al valor real de uso de un recurso en constante incremento.

Es común encontrar metodologías en el campo forestal que permiten realizar un peritaje y avalúo de activos en terrenos agropecuarios y de ahí a terrenos forestales, las cuales han sido ampliamente impulsadas por el Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica principalmente en el sector financiero, de crédito, de inversión, de seguros, etc (Murillo y Badilla 2004). Este avalúo de un rodal toman en cuenta el valor del rodal solamente por el valor comercial de la madera y deja por fuera el potencial futuro y de inversión de un rodal que no ha llegado a su estado de madurez. Debido a esto, en la presente investigación se pretende utilizar una aproximación del valor del rodal que incluya el potencial de una plantación inmadura, esto principalmente para poder identificar cual es el valor potencial de las plantaciones en la Zona Norte y así identificar posibles soluciones al desabastecimiento de madera y reducción en la tasa de reforestación.

Murillo y Badilla (2004) desarrollaron una metodología para determinar el potencial de liquidación de un rodal. Esta metodología, si bien como lo indican sus autores crea muchas posibilidades para lograr una mejor estimación del valor real basado no solo en el volumen y dimensiones de los árboles sino también en su potencial de producción de madera comercial, no deja de ser el valor del recurso hoy y no responde el problema implícito de valoración de un bien de capital que está en constante crecimiento.

En este caso existe la capacidad de determinar técnicamente cuál especie o especies son aptas para un sitio, pero nos encontramos con el problema clásico de la economía forestal: cuándo cortar un rodal (Hartman 1976, Chang 1983, Johansson y Löfgren 1985). A diferencia de otras actividades, el tiempo afecta de forma significativa el horizonte de las inversiones forestales. Esta es una de las características de la economía forestal y de recursos naturales: la elección inter-temporal, es decir la utilización o no de recursos para consumo a través de tiempo (Johansson y Löfgren 1985).

2.7.2 Valor Presente Neto (VPN)

El bosque y los árboles son reconocidos como un almacén riqueza o capital, en este sentido el bosque, y los árboles por ende, son como un certificado de depósito o un reserva que se compra con la esperanza, que con el pasar del tiempo, este produzca más dinero que el que se pago por él (Klemperer 1996). En este sentido el concepto de Valor Presente Neto (VPN) o VAN que es una aplicación lógica del valor del dinero en el tiempo es muy importante. Para cualquier inversión propuesta, el VPN de un flujo de caja neto puede ser calculado, si el NPV es positivo, el inversionista tendría ganancias luego de pagar el capital y los intereses generados por este capital, por el contrario si el VPN es negativo las ganancias de la inversión no cubren el costo del capital (Clutter *et ál* 1983).

Esto nos lleva a pensar en otro concepto importante como es la tasa de descuento. Se define esta tasa como el costo del capital en el tiempo; el determinar una tasa de descuento es por tanto tan importante como la determinación de los beneficios del valor

presente neto, y es especialmente importante en inversiones a largo plazo y con altos costos iniciales (Fillius 1992).

La teoría de inversiones por ende tiene que tratar con los principios de la elección inter-temporal, por tanto si el ingreso total de un individuo es conocido de antemano y este mediante el préstamo y el arrendamiento puede delimitar cuánto consumir hoy y cuánto mañana, teniendo en cuenta las limitaciones presentes y futuras del ingreso, cualquier individuo elegirá la inversión que tenga el mayor rendimiento de valor presente (Johansson y Löfgren 1985). Esta afirmación es posible si se asume que los mercados inter-temporales son mercados perfectos: el mercado de capitales es perfecto, donde las tasas son conocidas, constantes y existe una única tasa de interés para prestar y arrendar dinero (Johansson y Löfgren 1985).

Por tanto para poder lidiar con las decisiones inter-temporales es necesario determinar cuál es el valor acumulado del capital al final de “n” cantidad de años (Fillius 1992), esto se puede determinar utilizando el métodos de Valor Presente Neto. El VPN es muy conocido para calcular el valor de uso de un bien en términos monetarios, utilizando una tasa de descuento como el costo del capital y matemáticamente se expresa como la serie periódica de un flujo de caja de un turno de rotación aplicado a perpetuidad (Navarro 2003).

2.7.3 Valor Esperado de la Tierra (VET)

Una derivación importante del concepto de VPN se dio alrededor de 1849 por Martin Faustmann, la fórmula del Valor Esperado de la Tierra (VET) o “Land Expectation Value (LEV) / Soil Expectation Value (SEV)”. El VET es más descriptivo y permite hacer diferenciación entre series infinitas y una rotación seguida por la venta de la tierra, es decir; es el valor presente neto (VPN) de los beneficios futuros menos el VPN de los costos futuros, calculados justo antes de reanudar una nueva rotación (Klemperer 1996).

Este indicador económico es por definición más sencillo de analizar y puede ser más fácilmente interpretado ya que, como su nombre lo dice, tiene una relación con el valor de tierra, asumiendo que los dueños de la tierra son tomadores de precios, este es el valor que tiene la tierra bajo la actividad en evaluación. La simple comparación con el precio de mercado de la tierra en la zona permite determinar si la inversión es al menos más rentable que vender la propiedad por su valor de mercado.

La primera aproximación al cálculo de la valoración del rodal y la determinación del ciclo de rotación óptimo es mediante el cálculo del VET. Como se mencionó anteriormente, el VET es un indicador económico muy útil cuando se considera la tierra con un bien que puede ser vendido y comprado. El VET es calculado mediante la siguiente fórmula:

$$VET = \frac{\sum_{t=1}^T (It - Ct) * (1 + \delta)^{T-t}}{(1 + \delta)^T - 1}$$

Donde:

It : Ingresos totales

Ct : Costo totales

T : Edad en años

δ : Tasa de descuento

Regla de decisión

VET > Valor de la tierra

La consigna en esta derivación del VPN que realizó Faustmann fue que el valor de la tierra es igual al valor presente neto de los ingresos netos de una rotación sucesiva infinita (Buongiorno & Keith 2003). La regla de decisión que se utiliza para determinar la rentabilidad es que el VET deberá ser mayor que el Valor de la tierra.

Kemperer 1996 ejemplifica claramente mediante el VET cómo puede obtenerse el turno de rotación óptima de un rodal. Al igual que el crecimiento de los árboles, el VET

crece de tal manera que llega un punto en que alcanza un valor máximo, el cual es también el punto en el cual se encuentra el turno económico de rotación óptima; después de este punto (TERO) la tasa de crecimiento porcentual del rodal cae por debajo de la Tasa Mínima Aceptable (TMA), con lo cual y desde el punto de vista financiero, el dueño del rodal no estaría dispuesto a mantener este rodal en pie ya que la TMA representa la rentabilidad menor que un inversionista puede aceptar bajo circunstancias específicas (Figura 5).

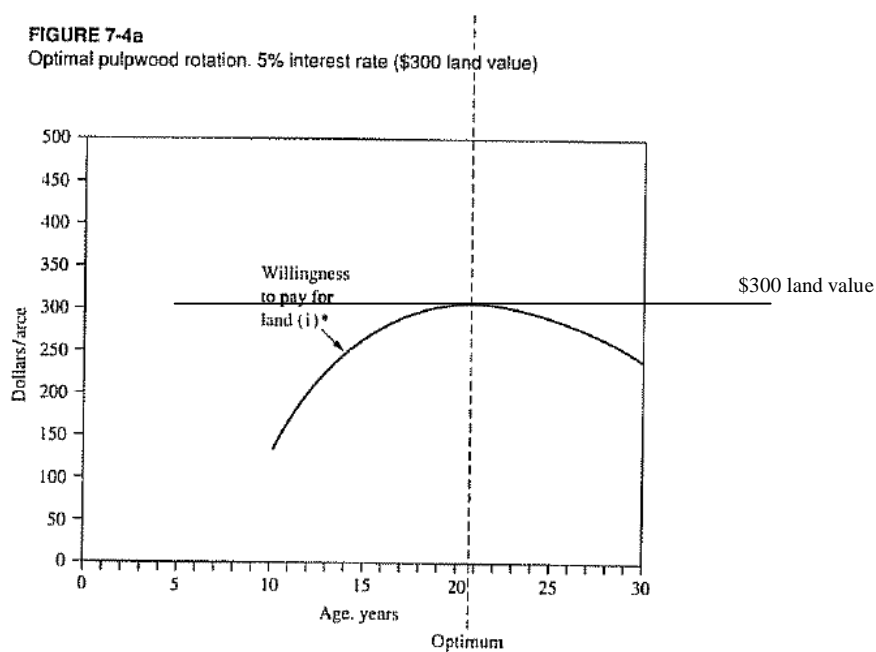


Figura 5. Valor esperado de la tierra VET (Willingness to pay for land), para una TMA de 5% . Fuente: Klemperer 1996.

Por tanto, una rotación es económicamente óptima y ha llegado a su madurez en el momento de maximización del VET (Klemperer 1996) (Figura 6)

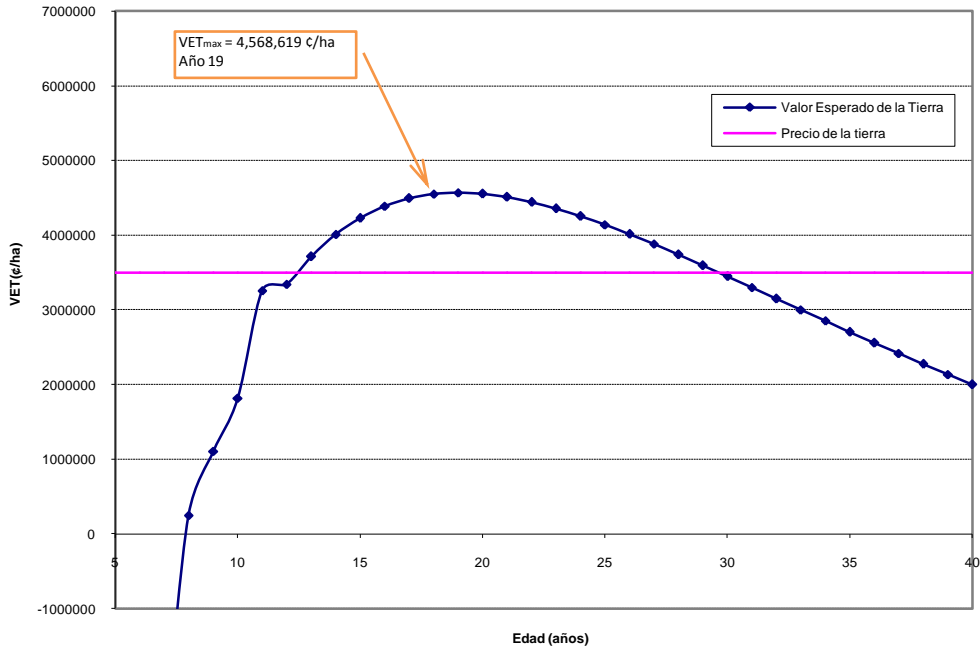


Figura 6. Maximización del VET para *Pinus oocarpa* en la Finca Comercial del CATIE. Fuente: Elaboración con datos propios y Curso Inversiones Forestales en el Tropico.

La maximización del VET representa la mejor opción del capital invertido y como la regla de decisión lo expresa debe ser comparado con el precio de la tierra de la zona, en este caso es importante tomar en cuenta que el precio de la tierra de referencia corresponde a un promedio del precio en la zona y este puede estar afectado por los precios internacionales de algunos productos agrícolas, por el desarrollo turístico de la zona y/o por cualquier actividad que genere una revalorización de la tierra como activo.

2.7.4 Valor Inmaduro del Rodal (VIR_y)

Cuando un rodal no ha llegado a su rotación óptima (TERO), se dice que está inmaduro y que su valor está en función del potencial de llegar al TERO; a esto también se le denomina “ *Holding Value* ” o valor inmaduro del rodal para una edad y (VIR_y). Este valor es el VPN de mantener el bosque en pie para luego vender la tierra y la madera al

final del turno, representa el VPN de todos los beneficios menos el VPN de todos los costos que ocurren del año en estudio al año del turno final (Klemperer 1996).

El VIR_y toma como referencia los valores del VET y el turno óptimo para cada rodal o grupo de especies. Este valor es determinante para poder determinar cuál es el valor potencial de un rodal por mantener el vuelo forestal hasta el turno óptimo. Se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$VIR_y = \frac{\sum_{q=y}^{t_{max}} (Iq - Cq) * (1 + \delta)^{t_{max}-q} + VET_{max}}{(1 + \delta)^{t_{max}-y}}$$

Donde:

I_q : Ingreso en el año q entre la edad actual y la edad del rotación óptima (t_{max})

C_q : Costo en el año q entre la edad actual y la edad del rotación óptima (t_{max})

VET_{max} : VET máximo

q : Cada uno de los años entre la edad actual y la edad de rotación óptima

El criterio de aceptación contra el cual se evalúa el VIR_y es liquidar el rodal antes de alcanzar la madurez (económica). A esto se le denomina Valor de liquidación (VLiq) y corresponde al valor de mercado de la madera y la tierra al momento del análisis, valor que es útil para un inversionista que experimenta la disyuntiva de decidir si mantener un rodal o cortarlo. Mientras el VIR_y exceda el VLiq es rentable mantener el rodal en pie y esperar al turno de rotación óptima; luego de este punto ($VIR_y \leq VLiq$), el rodal se considera económicamente maduro (Klemperer 1996). Así mismo el VIR y el VLiq son herramientas útiles para poder valorar un rodal según su condición, sea esta madura o inmadura.

2.7.5 Valor de liquidación (VLiq)

El valor de liquidación es la opción contra la cual se debe evaluar el VIRy, y representa la venta del capital o como se expresaba anteriormente es como decidir por vender un certificado de depósito a plazo antes de su vencimiento, por lo tanto, y si se encuentra antes de su turno de rotación óptima, este valor será siempre menor que el VIRy. El Vliq nos permite determinar cuál es el valor en pie hoy de las plantaciones que se van a evaluar.

El Valor de liquidación se calcula para cada año utilizando los valores presente del flujo de caja utilizando la siguiente fórmula:

$$VLiq = VET + Ivm$$

Donde:

VET : Valor Esperado de la Tierra

Ivm : Ingreso por venta de madera

2.7.6 Análisis de sensibilidad

Al hacer cualquier análisis económico proyectado al futuro, siempre hay un elemento de incertidumbre asociado a las alternativas que se estudian y es precisamente esa falta de certeza lo que hace que la toma de decisiones sea bastante difícil, como se ha expuesto con anterioridad la actividad forestal en Costa Rica ha sido incentiva de varias formas, a saber; deducción del impuesto sobre le renta, Certificados de Abono Forestal (CAF), Certificados de Abono Forestal por Adelantado (CAFA) y pago por servicios ambientales, en diversas modalidad y aún así existe una apatía de inversionistas por incursionar en la reforestación como actividad comercial rentable. Al mismo tiempo los expertos en el tema continúan abogando por la reactivación de la actividad. El análisis de

sensibilidad es una herramienta importante para determinar como la variación de una variable afecta la rentabilidad de una inversión.

Un ejemplo claro de este tipo de análisis es el efectuado por Navarro (2004) con el objetivo de evaluar el efecto de los mecanismo monetarios de fomento forestal sobre el comportamiento de diferentes tipos de inversionistas, en este caso se evaluaron como variables de sensibilidad: el precio de la tierra, el Precio Implícito de la Madera en Pie (PIMP) y diferentes especies forestales, de la conclusiones más importantes se debe rescata que en condiciones de mercados perfecto, el VET es un instrumento microeconómico sólido y muy práctico para obtener soluciones comprensible y objetivas. Así mismo demostró que un incremento en el precio implícito de la madera en pie incrementa el VET y viceversa, un aumento en los costos de transporte en relación con el precio de la madera reduce el VET y permite inversiones forestales únicamente en lugares cercanos a los centros de procesamiento de la madera (Navarro 2004).

Este estudio nos permite tener una idea de hacía donde se deben enfocar el análisis de sensibilidad, otro factor que debe tomarse en cuenta es la tasa de descuento o TMA (Tasa Mínima Aceptable) ya que la misma afecta de forma significativa la rentabilidad de un proyecto y es sin duda el problema más difícil de resolver, debido principalmente porque el cálculo del VPN es muy sensible a cambios en la tasa de descuento especialmente para flujos de caja que se extienden muchos años (Clutter *et ál* 1983).

La selección de una tasa de descuento especifica siempre implica algunas consideraciones económicas, como ya se dijo anteriormente, en una economía sin regulaciones la tierra se vende al mejor postor, y por tanto la tierra se considera un capital, por ser considerada un capital los compradores de tierras (o inversionistas) invierten en tierras para el cultivo esperando al paso del tiempo un remuneración por ese capital invertido, las personas no invierten dinero (capital) sin esperar nada a cambio (Klemperer 1996) un ejemplo claro es el de una cuenta de banco donde se paga in interés por el dinero que se pone en el banco. La decisión de realizar una inversión está definida por esa tasa de descuento ó tasa mínima de aceptable, en un mercado perfecto donde la tierra puede ser

vendida y comprada, existe una única tasa de descuento a la cual el agente económico estará dispuesto a realizar una inversión (Johansson y Löfgren 1985).

Cuando un agente económico realiza una inversión está renunciando a una ganancia en otra inversión con el mismo capital invertido, a esto se le denomina el costo de una oportunidad desperdiciada (Klemperer 1996) este costo describe de forma precisa el tipo de inversionista, si la opción alternativa que el inversionista tiene es utilizar ese capital para prestarlo a un amigo al 10% de interés anual como mínimo , y siguiendo la lógica económica de que el inversionista invierte su capital a la espera de una remuneración, está sería la tasa mínima a la cual el estará dispuesto a invertir.

Por tanto cada inversionista puede ser descrito mediante una tasa mínima aceptable, la cual constituye lo mínimo que el inversionista estaría dispuesto a dejar de percibir por realizar una inversión, existen algunos indicadores económicos que permiten describir la impaciencia del inversionista, los cuales serán tomados en cuenta a la hora de realizar el análisis de sensibilidad.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área de estudio

Si bien la problemática de la disminución en el cultivo de madera es a nivel nacional, fue necesario seleccionar una zona para realizar la investigación. Esta zona fue la Zona Norte y Atlántico, en la cual se concentra históricamente la mayor actividad forestal del país, tanto en términos de área plantada como en términos de actividades relacionadas con la producción de madera; viveros, aserraderos, profesionales forestales, aprovechamiento, mantenimiento de plantaciones y establecimiento, entre otras.

3.1.1 Zona Norte Atlántica

Esta Zona comprende las Áreas de Conservación ACTO, ACA-HN y una porción de ACCVC (26% del total) para un total de 1,116,225 hectáreas. Esta zona se

caracteriza por ser de actividad ganadera y de cultivos como caña de azúcar, yuca y piña principalmente. En esta zona se encuentra una iniciativa muy importante, el Corredor San Juan-La Selva, resultado de un trabajo iniciado en el año 2001, impulsado por la preocupación de aproximadamente 21 organizaciones locales, nacionales y regionales por la disminución en las poblaciones de la Lapa Verde (*Ara ambigua*) y de árboles de almendro de montaña (*Dipteryx panamensis*) (CECBSJLS 2005).

La zona seleccionada se caracteriza por ser en su mayoría una llanura de origen aluvial, con precipitaciones que van desde los 3000 mm hasta los 6000 en la zona de los canales de Barra del Colorado y la parte Noreste de ACTO. En el área predominan los bosques húmedos tropicales de tierras bajas. Prácticamente se extiende desde la cima de las cordilleras Volcánica Central y de Guanacaste hasta la frontera con Nicaragua. El ACCVC se dividió utilizando como límite sur las áreas protegidas de la Reserva Forestal Cordillera Volcánica Central, el Refugio Nacional de Vida Silvestre Bosque Alegre, el Parque Nacional Braulio Carillo y la Zona Protectora La Selva, con la finalidad de enfocar el estudio en la Zona Norte Atlántica y no incluir la zonas urbana (Heredia) del ACCVC (Figura 7).

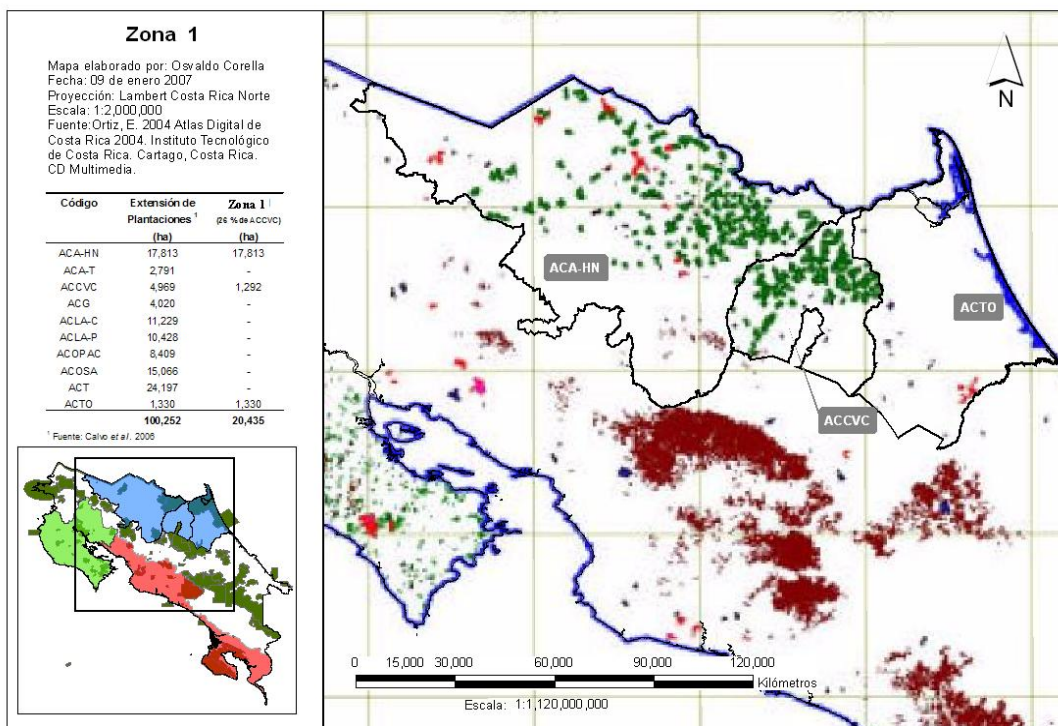


Figura 7. Delimitación del área de estudio. Fuente: Ortiz 2004 y Calvo et al. 2006.

En esta zona, según datos de Calvo *et ál.* 2006, se concentra el 20% (20,435 ha) de las plantaciones capturadas por el estudio de Cobertura Forestal de Costa Rica 2005. En esta zona existe presencia de varias ONG con experiencia y mucha trayectoria en la actividad forestal, lo cual es de utilidad para entender las causas subyacentes a la pérdida de interés de los inversionistas en la actividad de reforestación con fines de producción de madera.

En la zona de estudio se destaca la participación de ONGs tales como FUNDECOR y CODEFORSA, instituciones de educación superior como el ITCR y OTS, algunas empresas privadas como Expomaderas, Flor y Fauna, Maderas Cultivadas y Ecodirecta entre otras. Todas ellas forman parte activa del sector forestal de la zona Norte y cuentan con información relevante y con expertos en el tema de la reforestación.

Por ser un proyecto muy ambicioso y que incluye un área tan extensa fue necesario utilizar varias formas de acercamiento de forma que se pudiera determinar lo

más exacto posible la dimensión real de la Base Forestal de Plantaciones Forestales (BFPF), estas comenzaron desde las generales hasta las específicas, es por esto que para cumplir con el objetivo 1, fueron necesarios 5 filtros y con esto se lograron capturar aproximadamente 6,000 ha, un número muy importante considerando que históricamente se cree que en esa zona debieron haber sido aproximadamente 20,000 ha.

Así mismo fue necesario poder agrupar toda esa información según especies, pero durante la evaluación se encontraron muchas diferencias inter-especies así que fue necesario hacer perfiles que permitieran modelar las especies su crecimiento y su manejo, todo esto se detalla en los apartados siguientes y se resume en la Figura 8.

Antes de iniciar la evaluación del recurso y la valoración es necesario tener claro las primicias utilizadas ya que estas afectan la forma como se realizó y los resultados de este estudio.

3.2 Premisas del estudio

- a. Todos los precios de las maderas e insumos son conocidos y constantes durante el periodo del análisis
- b. Los rendimientos de producción forestal son conocidos y libres de riesgos biológicos y ambientales
- c. La tierra es un bien de mercado que puede ser vendido, comprado, rentado en un mercado perfecto.
- d. Se asumió un valor de la tierra homogéneo de ¢ 3.000.00 ha para todos los usos de la tierra diferentes a bosques de protección, precio que refleja el valor agrícola promedio de las tierras en la zona.
- e. El mercado de capitales es perfecto, donde las tasas son conocidas y constantes
- f. Existe una única tasa de interés para prestar y arrendar dinero y no se contempla racionamiento de capital
- g. Los precios de la madera asumidos son los presentados por la Cámara Nacional Forestal y corresponde al promedio de la cada especie en la zona y pueden variar por condiciones de calidad y por la distribución diamétrica de cada rodal.
- h. Se utilizó el área bruta de cada rodal y no el área efectiva, para la cual habría sido necesario la medición de cada rodal individualmente, mediante los sensores remotos se intento corregir en la medida de las posibilidades estas diferencias.

- i. Los modelos de crecimiento son genéricos, pero responden a los datos encontrados durante la evaluación por ende pueden variar y no representa un rodal específico.
- j. Las estructuras de costo son genéricas y actualizadas utilizando el Índice de Precios al Consumidor para los datos que no corresponden al año en estudio, así mismo el tipo cambio utilizado fue de 491.5 colones por dólar.
- k. Las rentabilidades calculadas para cada rodal son rentabilidades genéricas y no pueden ser tomadas como recomendaciones específicas para cada uno de los rodales.
- l. Las especificaciones silviculturales (raleos, corta final) son genéricas y no responden al crecimiento específico de cada rodal.

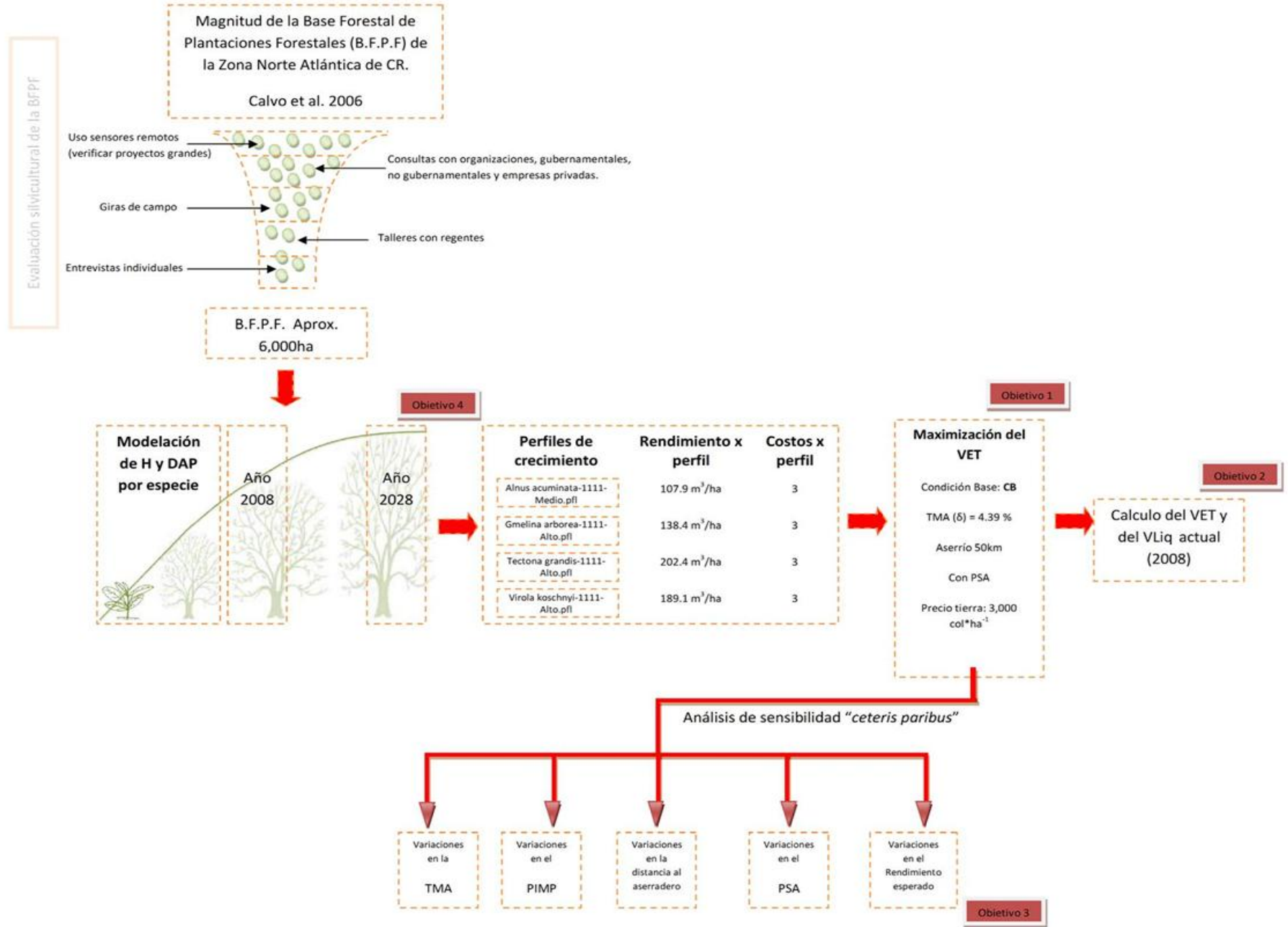
3.3 Objetivo 1: Determinar la rentabilidad de los rodales que comprenden la base forestal de plantaciones de la Zona Norte Atlántica de Costa Rica

Para poder determinar la rentabilidad de las plantaciones de la zona en estudio fue necesario realizar una evaluación física del recurso, determinar la magnitud de la base forestal para luego realizar las proyecciones del crecimiento futuro de los rodales en función de su condición actual.

3.3.1 Evaluación física del recurso

Como base principal de la investigación se utilizó la cobertura de SIG generada en formato “Shape” de ArcGIS en el Estudio de Cobertura Forestal de Costa Rica 2005 (Calvo *et al.* 2006). Dicha cobertura incluyen datos de plantaciones establecidas con iniciativa privada, incentivos forestales y PSA, entre otros. Esta capa de información representa la única información cartográfica disponible sobre plantaciones forestales, pero sin información detallada de cada plantación (especie, edad, propietario, estado de manejo, etc.). Por lo tanto fue necesario tratar de corroborar la información presente en esta capa y agregar la información faltante.

Figura 8. Diagrama de flujo resumen de la metodología utilizada para cubrir los objetivos propuestos



3.3.2 Determinación de la magnitud de la base forestal

Debido a que no existe certeza del 100% de las plantaciones capturadas por Calvo et al. 2006, es necesario realizar una serie de actividades para ubicar información sobre los registros capturados por el estudio de cobertura forestal (Calvo *et al.* 2006). Las actividades realizadas pretenden iniciar de manera general hasta un nivel más específico comenzando con una limpieza de registros muy antiguos que según las condiciones actuales de demanda por madera se presumen no existen, hasta la entrevista de regentes con proyectos en la zona de estudio.

3.3.2.1 Verificación de uso del suelo actual mediante el uso de sensores remotos.

Se eliminaron los registros de plantaciones que no están en pie actualmente o donde el cambio del suelo ha sido muy evidente, esto es fácilmente identificable utilizando información obtenida mediante sensores remotos, para la zona en estudio se contó con información de sensores como LANDSAT, MASTER 2003 y 2005 –de la misión CARTA 2003 y 2005- y una imagen ASTER. Esta información fue facilitada gracias al apoyo de Laboratorio del PRIAS (Programa de Investigaciones Aerotransportadas) del CeNAT (Centro Nacional de Alta Tecnología).

3.3.2.2 Consultas con organizaciones, gubernamentales, no gubernamentales y empresas privadas.

Debido a que es una zona de mucha actividad forestal, es fácil encontrar organizaciones que colaboran con dueños de tierras, agricultores, ganaderos, etc. en la tramitación de incentivos forestales sean estos PSA o en tiempos pasados créditos y/o CAF. Las organizaciones consultadas fueron: FUNDECOOR (Zona Norte y Atlántica) CODEFORSA (Zona Norte principalmente) y ASIREA (Zona Atlántica). De la misma forma se contactaron empresas privadas con actividades en la zona para poder incluir sus registros dentro de la investigación.

3.3.2.3 Giras de campo para verificar proyectos de más de 5 ha, ubicados en el estudio de Calvo et al 2006.

Se realizaron giras de campo utilizando la base de datos filtrada para comprobar la existencia de los registros obtenidos por Calvo *et al* 2005, durante la gira se evaluaron los proyectos de más de 5 ha que fueron capturados por el estudio y cualquier otro proyecto que se observará en la zona con las mismas características durante esta gira se realizó un evaluación de existencias en el proyecto con información relativa al estado de la plantación.

La metodología de recorrido rápido consiste (como su nombre lo sugiere), de un recorrido rápido por la finca utilizando un plano o un croquis de la misma, en la cual se recorren las zonas más representativas. La evaluación de las plantaciones se realizará cada 5 hectáreas si las condiciones son muy variables, con un mínimo de dos observaciones en toda la finca si ésta es muy regular (Figura 9).

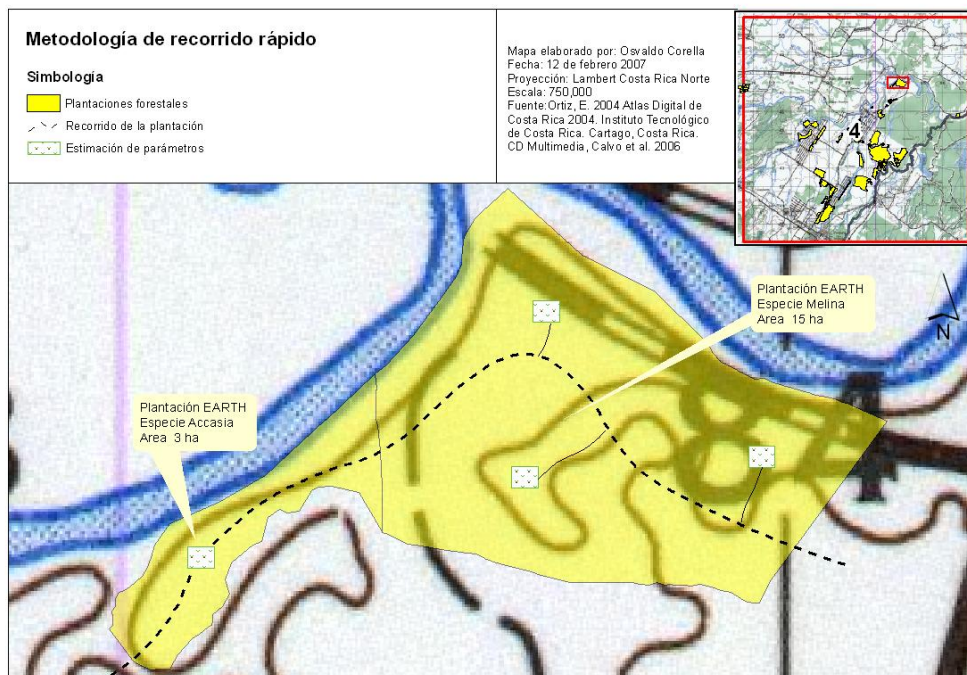


Figura 9. Descripción de la metodología de recorrido rápido.

Las variables que se estimaron en el campo fueron: DAP promedio de entre 5 a 10 árboles según la densidad de la plantación (a mayor densidad mayor número de árboles), la altura promedio, empleando entre 3 y 5 árboles, el área basal, calculada con relascopio en cada uno de los sitios seleccionados, y la densidad actual. Para el caso de plantaciones con área basal menor a 1 m²/ha se utilizó el diámetro de al menos 9 árboles (utilizando una caja de 3 X 3 árboles) y se midió el área que ocupan estos 9 árboles. Las restantes variables (tales como edad, extensión y manejo dado) fueron investigadas con el dueño/regente/encargado de la finca. Todas estas fincas evaluadas se localizaron utilizando al menos 2 puntos de GPS distanciados entre sí por más de 30 metros.

3.3.2.4 Talleres con regentes por zonas

De los 3 talleres propuestos se realizaron solamente 2 debido a la falta de interés por parte de los regentes de la zona, así como la falta de información de sus proyectos de los regentes. Durante estos talleres se localizaron con hojas cartográficas 1:50,000 los proyectos que no habían sido visitados y los proyectos nuevos que no estuvieran registrados o que fueron realizados sin incentivos o que simplemente no fueron capturados por el estudio de Calvo *et al* 2006.

Durante el taller se utilizó un formulario para cada registro donde se colectó información del estado actual de la plantación en términos de crecimiento (Cuadro 2).

Cuadro 2. Información colectada en los formularios de pre-validación.

Información General

Tipo de propietario: _____

Nombre del propietario: _____

Dirección / Telefono: _____

Regente: _____

Ubicación: Provincia - Canton - Distrito - Poblado _____

Coordenadas GPS: _____° _____' _____" Lat Norte
 _____° _____' _____" Long Oeste

Nivel de estimación

Area total por especie	sp1	sp2	sp3	sp4	sp5
Medida					
Observada					
Referida					

Variables Económicas

Aserradero donde piensa vender raleos _____

Acceso a la finca _____

Precios recibidos por raleos _____

Precio esperado de la madera _____

Forma de cubicación _____

Variables Silviculturales y Dasométricas

	Especies	Edad	Hd	H	AB	DAP
sp1						
sp2						
sp3						
sp4						
sp5						

Condición general

Variables de Manejo

Especies	Poda	Altura	Raleo 1	Raleo 2	Raleo 3
	S/N	(m)	árb raleados	árb raleados	árb raleados

Proyección de corta (años)

sp1 _____

sp2 _____

sp3 _____

sp4 _____

sp5 _____

3.3.2.5 Entrevistas individuales a regentes

Debido a la poca participación de los regentes durante los talleres se localizaron individualmente los regentes con proyectos sometidos a PSA así como proyectos privados que no hubieran podido ser capturados con anterioridad, durante las entrevistas se utilizaron los mismos formularios utilizados en los talleres.

3.3.3 Modelación del crecimiento futuro de la base forestal de plantaciones

3.3.3.1 Modelos de altura (h)

La altura de un rodal esta determinado básicamente por una condición propia de sitio, es por esta razón que esta puede variar mucho entre especies e intra especie. Los datos colectados en el campo se graficaron para poder observar el comportamiento de la altura a diferentes edades, utilizando curvas polimórficas se seleccionaron las constantes que mejor se ajustaban a la distribución de los datos, para esto se utilizaron las curvas de incremento propuesta por Chapman-Richards:

$$H = IS * [1 - e^{(-b*T)}]^c$$

Donde:

H = Altura total

T = Edad (años)

e = exponencial

IS = Índice de Sitio

b,c = constantes de la regresión por estimar.

Como se observa en la figura 10 los datos observados y colectados pueden ser cubiertos por la menos 3 curvas, una curva baja, una curva media y una curva alta, solamente algunos datos extremos (*outliers*) no quedan cubiertas por esta curvas, pero estos datos representan casos extremos y no deben afectar la proyección del crecimiento de la

especie. Algunas especies como Teca, Melina, Chanco, Terminalia, Cebo, Pilón hay muchos registros en todas las edades del turno de las especies pero para otras especies solamente hay registros en los primeros años, por esta razón y para evitar una sobrestimación del crecimiento se incluyeron datos extremos o mayores a 10 años para delimitar un tope máximo en la altura de una especie en condiciones de plantación. Para esto se utilizaron los datos encontrados en literatura principalmente los reportados por CATIE 2003 en el libro “Árboles de Centroamérica” y los datos colectados por Vallejo¹ sobre modelos de crecimiento en especies forestales en el trópico.

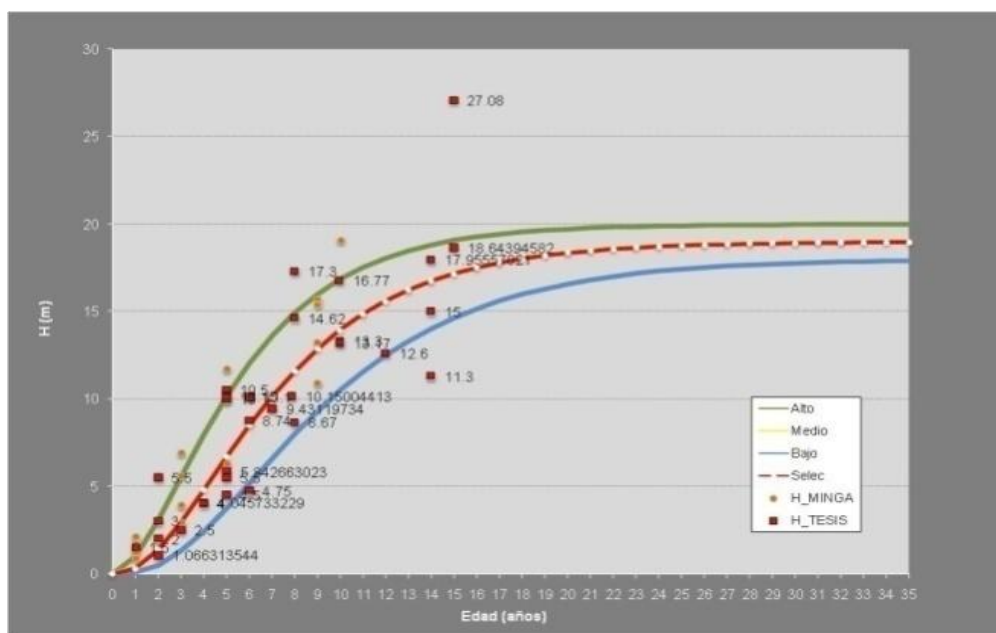


Figura 10. Distribución de la altura total para *Hyeronima alchorneoides* a diferentes edades.

La curva seleccionada para cada especie fue la curva media, y de ahí es posible determinar las constantes IS , b y c . Debido a que el valor de IS es variable y depende de la calidad de sitio de cada rodal fue necesario determinar este valor para cada rodal, para esto se utilizó el año 10 como año base, utilizando la curva seleccionado se determinó el valor de IS al año 10 y se igualaron las dos ecuaciones, la ecuación genérica de altura y la ecuación del IS .

¹ Vallejo, Álvaro. Minga, Base de datos de observaciones y modelos de crecimiento para especies forestales tropicales y subtropicales. Archivo de Excel en preparación.

$$H = a * [1 - e^{(-b*T)}]^c$$

$$IS = a * [1 - e^{(-b*10)}]^c$$

Donde:

H = Altura total

T = Edad (años)

e = exponencial

IS = Índice de Sitio

a,b,c = constantes de la regresión por estimar.

Igualando ecuaciones es posible determinar el IS específicos para cada rodal utilizando la siguiente ecuación.

$$a = \frac{H}{[1 - e^{(-b*T)}]^c} \text{ Ecuación Altura (m)}$$

$$a = \frac{IS}{[1 - e^{(-b*10)}]^c} \text{ Ecuación Índice de Sitio (m)}$$

$$H/[1 - e^{(-b*T)}]^c = IS/[1 - e^{(-b*10)}]^c$$

$$IS = H * [1 - e^{(-b*10)}]^c / [1 - e^{(-b*T)}]^c$$

3.3.3.2 Modelos de diámetro (dap)

El diámetro promedio de un rodal está altamente relacionado con el manejo de la densidad del mismo y como se logró observar es muy variable dentro de una especie y según la densidad de la plantación, por esta razón se crearon 3 curvas polimórficas que describen el incremento del diámetro.

Las observaciones para algunas especies no incluyen datos a edades mayores a 10 años, debido a que el diámetro es una variable muy sensible a la densidad y que a diferencia de la altura continua incrementándose de acuerdo con el tiempo, la altura en plantaciones forestales rápidamente llega a un tope y de ahí se estanca o el crecimiento es marginal, por tanto es necesario tener observaciones en todo el ámbito de crecimiento de la especie o al menos datos mayores a la edad de rotación de la especie. Por esta razón fue necesario

realizar una búsqueda bibliográfica de diámetros reportados por especie que permitieran determinar cuál es el tope (dato máximo) en el crecimiento diamétrico de la especie (Cuadro 3).

Cuadro 3. Datos de diámetro máximo observado por especie.

Especie	Datos reportado	Bosque natural	R.	Bosque Secundario		R.	Plantaciones		R.
		DAP (cm)		Edad (años)	DAP (cm)		Edad (años)	DAP (cm)	
Acacia mangium		90	(1)				4	15,8	(1)
							9,5	8,46	(2)
Alnus acuminata							10	20	(3)
Araucaria hunsteinii		100	(9)						
Calophyllum brasiliense		120	(5)				5	5,53	(5a)
Cedrela odorata		60-150	(6)	14	25,2	(7)	40	45	(3)
		60-180	(9)				17	45	(3)
							25	40	(9)
Ceiba pentandra		240	(3)				5	9,26	(5b)
		130-180	(9)				10	35	(9a)
Cordia alliodora		100	(11)				10	16	(9)
		50-60	(10)				15	12,7	(11)
		60-100	(10)				20	29	(12)
							21	30	(9)
							25	40	(10)
Dipteryx panamensis		100-150	(3)				8	13,6	(3a)
							11	15,3	(13)
							25	45	(3)
Eucalyptus sp		120-150	(9)				20	35	(9)
							30	42	(9)
							40	50	(9)
Gmelina arborea		140	(14)				20	70	(9)
Hieronima alchomeoides		120	(5)	14	50,3	(7)	11	19,8	(3b)
		90	(10)						
Schizolobium parahyba		100	(3)				5	15,55	(15)
							8	21	(16)
							20	47	(3)
Sterculia apetala		200	(3)						
Tabebuia rosea		100	(10)				14	13	(17)
		50-100	(3)				25	45,5	(18)
Tectona grandis		100	(9)				15	19,4	(9)
							20	23,4	(9)
							23	46	(19)
							25	26,7	(9)
							30	29,1	(9)
							45	42,6	(19)
							46	39,8	(19)
						47	58,7	(19)	
Terminalia amazonia		120	(5)	14	14	(7)	6	15,4	(20)
Virola koschnyi		120	(5)	14	30,5	(7)	5	2,69	(5c)
Vochysia ferruginea		40-80	(3)	14	83,8	(7)	6	15	(22)
		40-80	(21)				8	21,3	(21)
Vochysia guatemalensis		80	(5)	14	78,6	(7)	5	6,96	(5d)
		110	(10)				6	17,4	(21b)

Referencias (R.)

- (1) CATIE 1992
- (2) Torres & Del Valle 2007. Área basal: 18m²/ha, N: 200 arb/ha
- (3) Cordero et al. 2003
 - (a) IMA Dap: 1.7 cm/año
 - (b) IMA Dap: 1.8 cm/año
- (4) Holdridge 1951. Dap: 27.8 pulgadas a 29 años.
- (5) PROECEN 2003
 - (a) Área basal: 33 m²/ha, N: 858 arb/ha
 - (b) Área basal: 110 m²/ha, N: 1019 arb/ha
 - (c) Área basal: 8 m²/ha, N: 878 arb/ha
 - (d) Área basal: 56 m²/ha, N: 918 arb/ha
- (6) Herrera & Lanuza 2005.
- (7) Vilchez 2008. Comunicación personal. Datos de campo
- (8) Rojas 1978
- (9) Lamprecht 1990
 - (a) IMA Dap: 3.5 cm/año
- (10) Herrera & Lanuza 2005
- (11) CATIE 1994
- (12) Hernandez et al. 1997
- (13) Russo 1999
- (14) Rodger 1913
- (15) Vieira 2002
- (16) Nogueira 1977
- (17) USDA 1960
- (18) del Valle 1985
- (19) Perez 1998
- (20) Hagggar et al. 1998
- (21) CATIE 1992
- (22) Chavarría 1993
 - (a) IMA Dap: 2.5 cm/año
 - (b) IMA Dap: 2.9 cm/año

Con estos datos fue posible determinar modelos de crecimiento en diámetro más reales y con un tope máximo reportado (Figura 11), como se observa en la distribución del dap de la especie *Eucalyptus sp* los datos colectados no superan el año 15 pero utilizando los datos reportados para los años 20, 30 y 40 fue posible determinar cual podría ser el diámetro máximo para la especie y con esto eliminar la estimación incorrecta del rendimiento futuro.

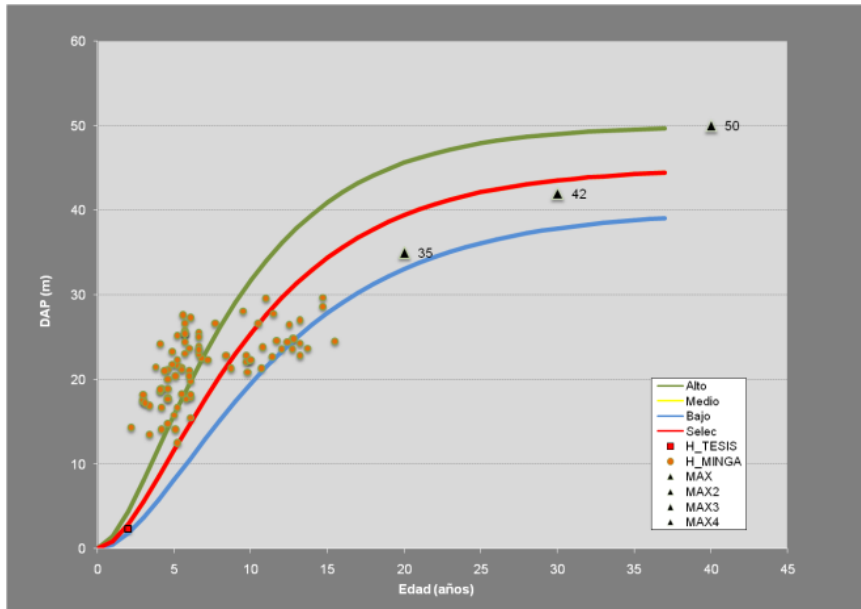


Figura 11. Distribución del Diámetro a la altura del pecho (dap) para *Eucalyptus sp.* a diferentes edades.

En cuanto a la selección de curvas fue necesario utilizar curvas altas, medias y bajas para algunas especies, si la variabilidad en los datos lo ameritaba, para el ejemplo de la especie *Eucalyptus sp.* se seleccionó la ecuación media, la cual es la más cercana a las observaciones en el campo.

3.3.3.3 Perfiles de crecimiento

Para cada una de las especies se creó una ecuación de altura y al menos una ecuación de diámetro, luego de evaluar los datos colectados se clasificó cada uno de los rodales según un perfil de crecimiento específico, para esto se utilizaron las curvas (altura y DAP) seleccionadas por especie, debido a que existían hasta 3 ecuaciones de crecimiento por especie fue necesario identificar la curva de mejor ajuste, para cada rodal de las ecuaciones previamente seleccionadas, utilizando la distancia menor entre el dato observado y el dato estimado.

En total se crearon 64 perfiles de manejo compuestos de 19 especies, 3 tipos de crecimiento (alto, medio y bajo) y 4 densidades iniciales (1600 arb/ha 1111 arb/ha, 833 arb/ha y 625 arb/ha), para cada especie las posibles combinaciones se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Matriz de posibles combinaciones de perfiles de manejo para las especies, ejemplo de Acacia mangium.

Especie	Densidad inicial (arb/ha)	Crecim.	
<i>Acacia mangium</i>	1600	Alto	
<i>Acacia mangium</i>	1600	Medio	
<i>Acacia mangium</i>	1600	Bajo	
<i>Acacia mangium</i>	1111	Alto	*
<i>Acacia mangium</i>	1111	Medio	*
<i>Acacia mangium</i>	1111	Bajo	*
<i>Acacia mangium</i>	833	Alto	*
<i>Acacia mangium</i>	833	Medio	*
<i>Acacia mangium</i>	833	Bajo	*
<i>Acacia mangium</i>	625	Alto	
<i>Acacia mangium</i>	625	Medio	
<i>Acacia mangium</i>	625	Bajo	

*Perfiles encontrados y seleccionados para la modelación de esta especie

No fue necesario crear 12 perfiles por cada especie, en algunos casos y debido a la cantidad de datos, solamente fue necesario un perfil, en el caso de la especie *Acacia mangium* se seleccionaron solamente 6 perfiles (marcados con asterisco), en total se generaron 64 perfiles, con toda esta información se crearon los archivos de perfiles de manejo para ser utilizados en el programa de manejo forestal SILVIA², estos perfiles resumen toda la información para que el software pueda proyectar a diferentes edades el crecimiento de un rodal (Cuadro 5).

² SILVIA. Sistema de Manejo Forestal. CATIE 2001. <http://www.silviaforestal.com>

Cuadro 5. Perfiles creados para la proyección del crecimiento de los rodales evaluados y detalle de un perfil.

No	Perfil de Manejo	Detalle de Perfiles
P	Acacia mangium-1111-Alto.pfl	<p>Species, "Acacia mangium" Site index,12 Initial number of trees,1111 Rotation age,15 Thinning regime,"1 - By number" I_{dr},0,0 G,0,0 Er,0,0 Volume 0,0,0,0,0,0 0,0,0,0,0,0 By number 4,7,11,13,0,0 556,373,250,168,0,0 Description Acacia mangium-1111-Alto Reference Corella, Osvaldo, 2008 Equations 3 $H = S \left(\frac{1 - \text{EXP}(-0.22 \cdot 10)}{1 - \text{EXP}(-0.22 \cdot T)} \right)^{(3)}$ $D = 40 \left(\frac{1 - \text{EXP}(-0.14 \cdot T)}{1 - \text{EXP}(-0.14 \cdot 10)} \right)^{(1.3)}$ $Vtc = \left(\frac{0.785398163397448 \cdot (D/100)^2 \cdot H}{0.4} \right) \cdot N$ Actividades Proyecto,"Tesis" 0</p>
P (2)	Acacia mangium-1111-Medio.pfl	
P (3)	Acacia mangium-1111-Bajo.pfl	
P (4)	Acacia mangium-833-Alto.pfl	
P (5)	Acacia mangium-833-Medio.pfl	
P (6)	Acacia mangium-833-Bajo.pfl	
P (7)	Alnus acuminata-1111-Medio.pfl	
P (8)	Araucaria hunsteinii-1111-Bajo.pfl	
P (9)	Calophyllum brasiliense-833-Alto.pfl	
P (10)	Calophyllum brasiliense-833-Medio.pfl	
P (11)	Cedrela odorata-1111-Medio.pfl	
P (12)	Ceiba pentandra-833-Medio.pfl	
P (13)	Cordia alliodora-1600-Bajo.pfl	
P (14)	Cordia alliodora-625-Alto.pfl	
P (15)	Cordia alliodora-625-Medio.pfl	
P (16)	Cordia alliodora-625-Bajo.pfl	
P (17)	Dipteryx panamensis-833-Alto.pfl	
P (18)	Dipteryx panamensis-833-Medio.pfl	
P (19)	Dipteryx panamensis-833-Bajo.pfl	
P (20)	Dipteryx panamensis-1111-Alto.pfl	<p>Species, "Dipteryx panamensis" Site index,20 Initial number of trees,1111 Rotation age,25 Thinning regime,"1 - By number" I_{dr},0,0 G,0,0 Er,0,0 Volume 0,0,0,0,0,0 0,0,0,0,0,0 By number 9,15,21,0,0,0 556,356,246,0,0,0 Description Dipteryx panamensis-1111-Alto Reference Corella, Osvaldo, 2008 Equations 3 $H = S \left(\frac{1 - \text{EXP}(-0.1475 \cdot 10)}{1 - \text{EXP}(-0.1475 \cdot T)} \right)^{(2)}$ $D = 40 \left(\frac{1 - \text{EXP}(-0.1 \cdot T)}{1 - \text{EXP}(-0.1 \cdot 10)} \right)^{(2)}$ $Vtc = \left(\frac{0.785398163397448 \cdot (D/100)^2 \cdot H}{0.4} \right) \cdot N$ Actividades Proyecto,"Tesis" 0</p>
P (21)	Eucalyptus sp-1111-Medio.pfl	
P (22)	Gmelina arborea-1600-Alto.pfl	
P (23)	Gmelina arborea-1600-Medio.pfl	
P (24)	Gmelina arborea-1600-Bajo.pfl	
P (25)	Gmelina arborea-1111-Alto.pfl	
P (26)	Gmelina arborea-1111-Medio.pfl	
P (27)	Gmelina arborea-1111-Bajo.pfl	
P (28)	Gmelina arborea-833-Alto.pfl	
P (29)	Gmelina arborea-833-Medio.pfl	
P (30)	Gmelina arborea-833-Bajo.pfl	
P (31)	Hieronima alchorneoides-1111-Alto.pfl	
P (32)	Hieronima alchorneoides-1111-Medio.pfl	
P (33)	Hieronima alchorneoides-1111-Bajo.pfl	
P (34)	Hieronima alchorneoides-833-Alto.pfl	
P (35)	Hieronima alchorneoides-833-Medio.pfl	
P (36)	Schizolobium parahyba-1111-Medio.pfl	
P (37)	Sterculia apetala-833-Medio.pfl	

P (38)	Tabebuia rosea-1111-Medio.pfl
P (39)	Tectona grandis-1111-Alto.pfl
P (40)	Tectona grandis-1111-Medio.pfl
P (41)	Tectona grandis-1111-Bajo.pfl
P (42)	Tectona grandis-833-Alto.pfl
P (43)	Tectona grandis-833-Medio.pfl
P (44)	Tectona grandis-833-Bajo.pfl
P (45)	Terminalia amazonia-1600-Bajo.pfl
P (46)	Terminalia amazonia-1111-Alto.pfl
P (47)	Terminalia amazonia-1111-Medio.pfl
P (48)	Terminalia amazonia-833-Alto.pfl
P (49)	Terminalia amazonia-833-Medio.pfl
P (50)	Terminalia amazonia-625-Alto.pfl
P (51)	Virola koschnyi-1111-Alto.pfl
P (52)	Virola koschnyi-1111-Medio.pfl
P (53)	Virola koschnyi-1111-Bajo.pfl
P (54)	Virola koschnyi-833-Bajo.pfl
P (55)	Virola koschnyi-625-Bajo.pfl
P (56)	Vochysia ferruginea-1111-Alto.pfl
P (57)	Vochysia ferruginea-1111-Medio.pfl
P (58)	Vochysia ferruginea-1111-Bajo.pfl
P (59)	Vochysia guatemalensis-1111-Alto.pfl
P (60)	Vochysia guatemalensis-1111-Medio.pfl
P (61)	Vochysia guatemalensis-1111-Bajo.pfl
P (62)	Vochysia guatemalensis-833-Alto.pfl
P (63)	Vochysia guatemalensis-833-Medio.pfl
P (64)	Vochysia guatemalensis-833-Bajo.pfl

3.3.4 *Análisis de inversiones*

3.3.4.1 **Flujos de caja (Ingresos y costos)**

Para determinar los flujos de caja fue necesario crear perfiles genéricos de costos, los perfiles responde a plantaciones con manejo óptimo intensivo, manejo óptimo no intensivo, manejo normal medio, manejo normal bajo, manejo normal medio, manejo especial (el caso del *Cedrela odorata*) y solo establecimiento, estos perfiles difieren en la intensidad de las actividades a realizarse en los primeros años, los mismo incluyen actividades que no estén

afectadas por la densidad de la plantación como son la compra de plántulas, siembra, transporte, etc. (Cuadro 6)

Cuadro 6. Actividades incluidas en los perfiles de costos.

Año	Actividades	Año	Actividades
1	Estudio Técnico de reforestación	3	Control de plagas <i>Hypsipyla</i>
1	Despala	3	Control de maleza manual
1	Rastra rompedora	3	Poda
1	Sub solado 1 pasada	3	Control de plagas
1	Chapea inicial en carriles	3	Fertilización foliar
1	Trazado y marcación	4	Control de maleza manual
1	Rodajea inicial	4	Poda
1	Hoyado	4	Control de plagas
1	Insecticidas Mirex	4	Fertilización foliar
1	Insecticidas Volaton	5	Control de maleza manual
1	Control químico de malezas	5	Poda
1	Rodajea manual	5	Control de plagas
1	Control de plagas	5	Fertilización foliar
1	Fertilización foliar	6	Control de plagas
1	Control de plagas <i>Hypsipyla</i>	6	Vigilancia
1	Deshija	7 +	Vigilancia y Plagas
2	Control de plagas <i>Hypsipyla</i>		
2	Control de maleza manual		
2	Control químico de malezas		
2	Control de plagas		
2	Fertilización foliar		
2	Poda		

Las estructuras de costos estimadas para cada perfil fueron asociadas con los rodales evaluados, es decir, para un rodal con crecimiento alto, se le asignó un perfil de costos alto y se modularizaron las actividades según la cantidad de raleos, podas, control de malezas, control de plagas, etc. Así mismo los rodales con crecimiento muy bajo se le incluyó el perfil de costos más bajo.

Los costos relacionados con estos perfiles son muy variados y tienen la intención de ser un reflejo de la liquidez que debe presentar un inversionista que pretende tener los rendimientos que hoy en día tiene un rodal específico que está en constante crecimiento y en

el cual ya existe un costo hundido, el cual pocas veces es considerado como parte del valor (Cuadro 7).

Cuadro 7. Resumen de Perfiles de costos seleccionados para diferentes tipos de manejo.

Especial		Manejo intensivo		Manejo óptimo no intensivo		Manejo normal medio		Manejo normal Bajo	
Año	Costos (col/ha)	Año	Costos (col/ha)	Año	Costos (col/ha)	Año	Costos (col/ha)	Año	Costos (col/ha)
1	265,646	1	438,796	1	265,646	1	235,955	1	217,715
2	63,735	2	82,407	2	63,735	2	38,837	2	38,837
3	57,509	3	57,509	3	57,509	3	57,509	3	29,501
4	57,509	4	57,509	4	57,509	4	57,509	4	29,501
5	57,509	5	57,509	5	57,509	5	57,509	5	29,501
6	20,165	6	20,165	6	20,165	7	20,165	Total general 345,056	
7	20,165	7	20,165	7	20,165	8	20,165		
8	20,165	8	20,165	8	20,165	9	20,165		
9	20,165	9	20,165	9	20,165	10	20,165		
10	20,165	10	20,165	10	20,165	11	20,165		
11	20,165	11	20,165	11	20,165	12	20,165		
12	20,165	12	20,165	12	20,165	13	20,165		
13	20,165	13	20,165	13	20,165	14	20,165		
14	20,165	14	20,165	14	20,165	15	20,165		
15	20,165	15	20,165	15	20,165	16	20,165		
16	20,165	16	20,165	16	20,165	17	20,165		
17	20,165	17	20,165	17	20,165	18	20,165		
18	20,165	18	20,165	18	20,165	19	20,165		
19	20,165	19	20,165	19	20,165	20	20,165		
20	20,165	20	20,165	20	20,165	21	20,165		
21	20,165	21	20,165	21	20,165	22	20,165		
22	20,165	22	20,165	22	20,165	23	20,165		
23	20,165	23	20,165	23	20,165	24	20,165		
24	20,165	24	20,165	24	20,165	25	20,165		
25	20,165	25	20,165	25	20,165	26	20,165		
26	20,165	26	20,165	26	20,165	27	20,165		
27	20,165	27	20,165	27	20,165	28	20,165		
28	20,165	28	20,165	28	20,165	29	20,165		
29	20,165	29	20,165	29	20,165	30	20,165		
30	20,165	30	20,165	30	20,165	31	20,165		
31	20,165	31	20,165	31	20,165	32	20,165		
32	20,165	32	20,165	32	20,165	33	20,165		
33	20,165	33	20,165	33	20,165	34	20,165		
34	20,165	34	20,165	34	20,165	35	20,165		
35	20,165	35	20,165	35	20,165	36	20,165		
36	20,165	36	20,165	36	20,165	37	20,165		
37	20,165	37	20,165	37	20,165	38	20,165		
38	20,165	38	20,165	38	20,165	39	20,165		
39	20,165	39	20,165	39	20,165	40	20,165		
40	20,165	40	20,165	40	20,165	41	20,165		
41	20,165	41	20,165	41	20,165	42	20,165		
42	20,165	42	20,165	42	20,165	43	20,165		
43	20,165	43	20,165	43	20,165	44	20,165		
44	20,165	44	20,165	44	20,165	45	20,165		
45	20,165	45	20,165	45	20,165	Total general 1,233,770			
Total general	1,308,525	Total general	1,500,347	Total general	1,308,525				

Solo establecimiento	
Año	Costos (col/ha)
1	104,189
Total general	104,189

Además de los costos genéricos se incluyeron algunos costos relacionados con la densidad de plantación, como son la compra de plántulas, siembra y transporte, en el caso de las chapeas se realizó una prescripción diferenciada, mediante la cual en el año en que se realiza un raleo es necesario realizar una chapea adicional debido a la entrada de luz por la remoción de los árboles.

De la misma forma y para cada rodal se incluyeron los costos variables; Costos de aprovechamiento y costos administrativos del aprovechamiento (Cuadro 8), como se observa se intentó “modularizar” de la mejor forma posible los costos y los ingresos para que estos fueran lo más reales, debido a la gran cantidad de perfiles y la gran cantidad de datos fue necesario crear una base de datos “inteligente” que pudiera identificar la relación entre año-actividad-costo-ingreso, con esto fue posible realizar un flujo de cada para cada unos de los perfiles y esto posteriormente asociarse con los rodales clasificados según cada perfil.

Cuadro 8. Detalle de la inclusión de costos fijo y costos permanentes en la creación de la base de datos para el cálculo del flujo de caja.

Edad (años)	Arboles	Raleo número	Costo variables						Costos fijos Administ (col/ha)
			Costos de Aprovecham (col/ha) C	Costos de Tramiit Aprov (col/ha) D	Costos Total Aprovecham (col/ha) C+D	Costos relativos Establecim col/ha	Costo relativos Control malezas col/ha	Costos (col/ha) Según: Perfil	
1	1111	0	0.00	0.00	0.00	609,852.56	46,685.26	265,646.27	38,173.23
2	1111	0	0.00	0.00	0.00	0.00	46,685.26	63,735.10	38,173.23
3	1111	0	0.00	0.00	0.00	0.00	46,685.26	57,509.34	38,173.23
4	556	1	0.00	0.00	0.00	0.00	46,685.26	57,509.34	38,173.23
5	556	1	0.00	0.00	0.00	0.00	31,123.50	57,509.34	38,173.23
6	556	1	0.00	0.00	0.00	0.00	31,123.50	20,165.40	38,173.23
7	373	2	152,911.14	153,506.22	306,417.36	0.00	31,123.50	20,165.40	38,173.23
8	373	2	0.00	0.00	0.00	0.00	15,561.75	20,165.40	38,173.23
9	373	2	0.00	0.00	0.00	0.00	15,561.75	20,165.40	38,173.23
10	373	2	0.00	0.00	0.00	0.00	15,561.75	20,165.40	38,173.23
11	250	3	313,281.27	139,139.06	452,420.34	0.00	15,561.75	20,165.40	38,173.23
12	250	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20,165.40	38,173.23
13	168	4	273,645.56	139,139.06	412,784.62	0.00	15,561.75	20,165.40	38,173.23
14	168	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20,165.40	38,173.23
15	168	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20,165.40	38,173.23
16	168	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20,165.40	38,173.23
17	168	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20,165.40	38,173.23

Se utilizaron los modelos genéricos de crecimiento para predecir el crecimiento de los rodales en función de su estado actual, las estructuras de costos, creadas en forma genérica o modularizadas por especie y según crecimiento, para crear un flujo de caja hasta el turno final, los ingresos para cada perfil fueron definidos mediante las prescripciones de raleos para cada

perfil así como la inclusión de Pago por Servicios Ambientales PSA según el programa de incentivos actual.

3.3.4.2 Valor Esperado de la Tierra (VET)

Utilizando las herramientas del programa SILVIA fue posible determinar la producción total de los rodales por año, esto es necesario para la determinación del Valor Esperado de la Tierra (VET) como herramienta para medir la rentabilidad de una inversión en el largo plazo.

Por lo tanto para cada uno de los perfiles evaluados fue posible determinar el Valor Esperado de la Tierra (VET), desde el año cero hasta el año 45 asumiendo que las especies alcanzaran el turno óptimo financiero antes de esta edad. Como se explicó en la sección 2.7.3 el Valor Esperado de la Tierra es el valor presente neto de los ingresos netos de una rotación sucesiva infinita (Buongiorno & Keith 2003). Los rodales tienden a tener un crecimiento acelerado en los primeros estadios hasta alcanzar un punto en que el crecimiento es bajo, el VET se comporta de forma similar, según la teoría el VET inicia siendo negativo, debido principalmente a que los costos iniciales son altos pero luego los ingresos aumentan hasta un punto en que el costo marginal de mantener la rotación es mayor que los ingresos marginales y por ende el VET comienza a disminuir en este punto es cuando se maximiza el VET y el momento en el cual financieramente el rodal ha alcanzado su madurez, este punto fue calculado para cada rodal.

El VET como indicador de inversión se comparó con el precio de la tierra promedio en la zona, el cual se tasó en $3,000,00 \text{ col*ha}^{-1}$, los rodales que alcanzaron la maximización del VET superior al precio de la tierra se consideraron rodales rentables dentro de este grupo de rodales existen rodales con rentabilidad alta (RA) (VETmax: mayor a $8,000,000 \text{ col*ha}^{-1}$), rodales con rentabilidad baja (RB) (VETmax: mayor a $3,000,000 \text{ col*ha}^{-1}$ y menor a $8,000,000 \text{ col*ha}^{-1}$) y por último el grupo de rodales que se clasificaron como rodales con rentabilidad marginal (RM) (VETmax: menor a $3,000,000 \text{ col*ha}^{-1}$).

3.4 Objetivo 2: Determinar el valor total de la base forestal de plantaciones evaluada mediante el uso del Valor Inmaduro del Rodal (VIR_y) y el Valor de Liquidación.

El valor de un rodal está definido por el potencial que tiene este de alcanzar un turno óptimo y si este punto ya ha llegado esta definido por el valor del activo (madera y tierra), por lo tanto para poder evaluar un base tan extensa como esta, será necesario poder darle un valor a los rodales según se encuentren antes o después de su turno óptimo el cual fue determinado desde el punto de vista financiero y mediante la maximización del VET.

3.4.1 Valoración económica del recurso

La función de productividad de una plantación y el manejo recibido o por recibir son variables importantes en la determinación del valor económico de una plantación. Como ya se mencionó anteriormente, existen varias formas de valorar un rodal. Algunas solamente valoran el rodal por su valor actual en pie (Valor de liquidación: $VLiq$), mientras que otras permiten valorar el potencial del rodal por su producción estimada a futuro (VIR_y).

Para cada uno de los perfiles se calculó el Valor Inmaduro del Rodal (VIR_y) utilizando como base el VET y para cada año una valoración del rodal hasta el turno óptimo, después del turno óptimo se calculó el Valor de Liquidación y luego se identificó la cantidad de hectáreas bajo cada perfil y según la edad especificada. Con esto se estableció el valor de la base forestal de plantaciones.

3.5 Objetivo 3: Identificar los factores económicos, de mercado y de inversiones intrínsecas que han llevado a un desinterés por la reforestación.

Según las estadísticas presentadas, existe un desinterés, por los productores, de participar en programas de reforestación con incentivos del estado tales como el programa de

PSA para reforestación. Por esta razón se pretende evaluar los factores además del PSA que pueden afectar la rentabilidad de la inversión forestal y su efecto sobre la rentabilidad mediante un análisis de sensibilidad.

3.5.1 Análisis de sensibilidad.

El análisis de sensibilidad propuesto sigue la metodología utilizada por Navarro (2004) para la evaluación de los mecanismos monetarios de fomento a las plantaciones forestales. Se utilizará una aplicación rigurosa de la fórmula del VET, por ser este un modelo económico robusto y sencillo muy utilizado en la valoración de inversiones en plantaciones forestales. El análisis propuesto para este caso es un análisis de sensibilidad *ceteris paribus*, en el cual se efectúan cambios en una variable a la vez, y manteniendo constante el resto de variables, con el fin de determinar el efecto de cada variable sobre una condición base.

Como se vio anteriormente la impaciencia de un inversionista puede ser descrita por indicadores económicos, estos indicadores económicos presentan las opciones alternativas a las cuales el inversionista está dispuesto a renunciar por realizar una inversión, en este caso se realizó un análisis de sensibilidad con diferente Tasa Mínima Aceptable (TMA), como una forma de describir la impaciencia de un inversionista, las opciones a las cuales deben renunciar el inversionistas son las opciones reales y claras en un mercado perfecto donde como bien se dijo la tierra y demás bienes de capital pueden ser vendidos y comprados al mejor postor.

3.5.1.1 Tasa Mínima Aceptable

El primer análisis de sensibilidad será entonces variaciones en la TMA como forma de sensibilizar la inversión a diferente perfiles de inversionista, para este caso las tasa seleccionadas fueron de 0.43%, 4.39% y 12.99% (Cuadro 9)

Cuadro 9. Perfil de inversionista su respectiva TMA, como expresión de su impaciencia.

Tipo de inversor	Instrumento	Banco	Moneda		Condiciones
			Colones	Dolares	
Inversionista prestamista	Cuenta de ahorros	BCR	0.50%	0.10%	Saldos de ₡ 1,000,000 ó de \$ 5,000 a \$ 25,000
		BNCR	0.35%	0.05%	De ₡500 mil a ₡ 10 Millones ó de \$1 mil a \$20 mil
			0.43%	0.08%	
Inversionista prestamista con fondos propios	Certificados de Depósito a Plazo	BNCR	4.02%	3.25%	Plazo de 360 A 719 días (+ de 1 año)
		BCR	4.75%	3.35%	Plazo de 360 A 719 días (+ de 1 año)
			4.39%	3.30%	
Inversionista deudor Sistema Bancario Nacional	Crédito	BNCR	13.00%	9.50%	Básica BNCR Agricultura y Ganadería
		BCCR	11.86%	9.98%	Bancos Estatales Agricultura al 02 junio 2008
		BCCR	14.10%	8.47%	Bancos Privados Agricultura al 02 junio 2008
			12.99%	9.32%	

Referencias de Bancos

BCCR <http://indicadoreseconomicos.bcr.fi.cr>

BNCR <http://www.bncr.fi.cr>

BCR www.bancobcr.com

3.5.1.2 Precio Implícito de la Madera en Pie (PIMP)

Según los autores consultados Palo (2000) y Navarro (2004) el Precio Implícito de la Madera en Pie (PIMP) tiene un efecto directo sobre la reforestación y esto al final sobre la cobertura vegetal, por esta razón se seleccionó el PIMP como una de las variables que deberán ser sensibilizadas, para este caso se utilizó un aumento en el precio implícito de la madera, el PIMP corresponde al precio de la madera en patio menos el costo de aprovechamiento menos el costo de transporte.

Como forma de sensibilizar el PIMP se aumenta la distancia a mercados (aserraderos), en el análisis de sensibilidad se consideraron tres opciones de procesamiento de madera, estas opciones fueron procesamiento local, procesamiento regional y procesamiento a nivel nacional (Cuadro 10)

Cuadro 10. Distancia y costos aproximados para diferentes opciones de procesamiento de madera proveniente de plantaciones.

Opción	Aserradero (Zona)	Distancia aproximada (km)	Costo transporte (m3)
1. Procesamiento local	Locales	25	1,945.55
2. Procesamiento regional	Ciudad Quesada / Guápiles	50	3,891.10
3. Procesamiento nacional	Valle Central	180	14,008.00

3.5.1.3 Distancia a mercados

Utilizando como premisa económica el modelo de Von Thunnen, el cual indica que los productos con altos costos de transporte van a tener más posibilidad de ser producidos a menor distancia de los centro de procesamiento se pretende determinar mediante el análisis de sensibilidad el efecto que tiene para la inversión las diferentes distancias a los centros de procesamiento, las distancias propuestas son las mismas que las que se utilizaron para el análisis de sensibilidad respecto a variaciones del PIMP ya que son las distancias posibles a las cuales puede ser procesado la materia prima.

3.5.1.4 Pago por Servicios Ambientales

El siguiente análisis de sensibilidad se realizó con el objetivo de identificar el papel que está jugando el Pago por Servicios Ambientales en el cultivo de madera, por tanto se utilizó como base la situación actual; con PSA, por un monto de \$816/ha por un lapso de 5 años, las variaciones en la condición base fueron sin PSA y por último la opción de utilizar el mismo monto que se da por Protección de Bosques \$320/ha por un lapso de 5 años

prorrogables, en este caso se asume la prórroga del contrato hasta el turno final, esto con la finalidad de que el PSA sea una ayuda en la flujo de caja.

3.5.1.5 Estimación del volumen en pie

Por último, se consideraron variaciones de hasta el 10% en la estimación del volumen en pie. La condición base fue utilizando el volumen proyectado utilizando modelos genéricos; la primer variación fue si existiera una subestimación del 10% (-10%) del volumen proyectado en pie y si existiera una sobrestimación del 10% (+10%) del volumen en pie.

3.6 Objetivo 4: Determinar el aporte de las plantaciones al abastecimiento presente y futuro de madera en la Zona Norte de Costa Rica.

3.6.1 Demanda de madera de plantaciones forestales en la Zona Norte

La demanda de madera en Costa Rica es bien conocida y está reportada por la actividad de más de 150 aserraderos en todo el país. Debido a que el estudio se ha circunscrito a una región en particular, se utilizaron los datos colectado por la ONF para esta región, este dato es el más actual (año 2005) e incluye aserraderos fijos, los aserraderos portátiles. No fue posible determinar la magnitud de la tala ilegal.

Para el año 2005 se consumieron un total de 1,018,569 (m³-r) según las proyecciones de los autores de la ONF (Arce y Barrantes 2006) la demanda de madera para los próximos años podría aumentar en un 2% anual, este supuesto fue utilizado para determinar cuáles serán las necesidades del país en términos de madera y cuanto de esto tendría que venir de la Zona Norte Atlántica.

3.6.2 Oferta de madera en la Zona Norte

Un aspecto muy importante a considerar en plantaciones forestales es la producción futura de madera y la disponibilidad de madera para que ésta sea incluida en el mercado nacional (Navarro 1999). La selección correcta de modelos de crecimiento es de gran importancia para el análisis de inversionista, ya que es una forma de poder predecir la producción de volumen a diferentes edades, es por esta razón que se hace hincapié en una modelación detallada y precisa de las variables estimadas (altura y diámetro).

Para poder determinar el aporte de las plantaciones al consumo de madera presente y futuro fue necesario crear modelos de crecimiento por especie, para cada especie se creó una ecuación que permitiera predecir alturas (h) a diferentes edades así como diámetros (dap) a diferentes edades. Así mismo se utilizaron los turnos óptimos para cada perfil según se establecieron en el objetivo 1 y con esto determinar la corta de los rodales en el turno económico óptimo, por último asumiendo que los productores que experimentan una condición de rentabilidad alta o baja ($VET_{max} > \text{Precio de la Tierra}$) estarán en disposición de replantar los rodales y los productores que experimentan una condición del rentabilidad marginal ($VET_{max} > \text{Precio de la Tierra}$) no estarán en disposición de replantar los rodales se incluyeron para ser replantados solamente los rodales con rentabilidad alta o baja.

Para esta evaluación de determinar el aporte de los rodales presentes al consumo de madera se no se incluyeron nuevos rodales sino la liquidación y el posterior replante de los rodales con rentabilidad alta o baja y la liquidación total de los rodales con rentabilidad marginal. Para efectos de teorizar cual podría ser el aporte de los rodales futuros se incluyeron posibles escenarios asumiendo la inclusión de 1,000 ha de plantaciones nuevas por año, 2,000 nuevas hectáreas por año, como forma de poder identificar cuanto debería ser el esfuerzo necesario para volver a normalizar la oferta y demanda de madera en la zona.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con la finalidad de poder cumplir con los objetivos plantados se obtuvo gran cantidad de datos que para efectos de su presentación, en esta sección, fueron divididos de acuerdo con los objetivos específicos planteados.

4.1 Objetivo 1: Determinar la rentabilidad de los rodales que comprenden la base forestal de plantaciones de la Zona Norte Atlántico de Costa Rica.

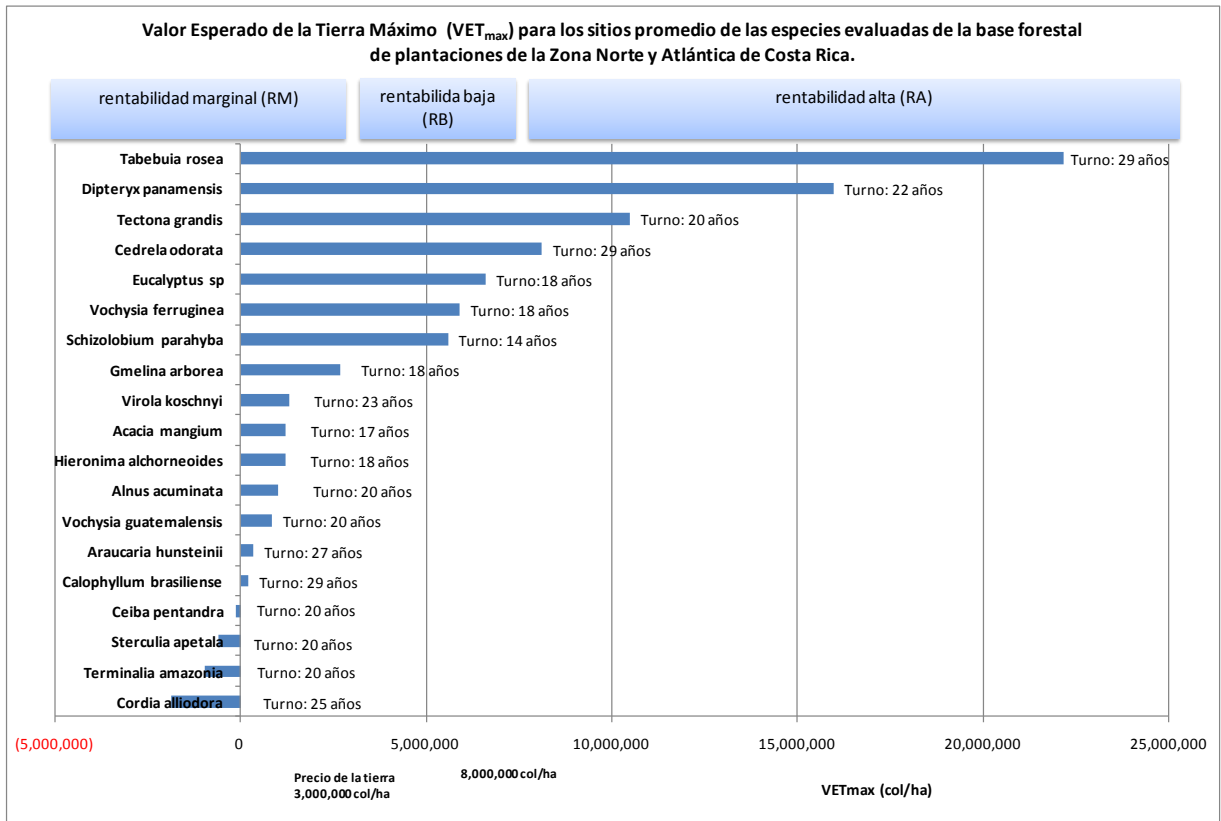
Las plantaciones forestales son una actividad productiva y debe ser analizada como tal, el potencial de aporte de las mismas a la demanda de madera en Costa Rica depende, como se observó anteriormente, de la composición y magnitud de la base forestal de plantaciones ya sea esta de una zona en particular, de una región o de un país. Pero la continuidad de la actividad depende del bienestar que el productor y la sociedad recibe por invertir en esta actividad en contraposición con una actividad alternativa y esto es posible medirlo, desde el punto de vista económico, analizando la rentabilidad de un rodal o de una actividad en particular, si el mantener un rodal en pie tiene un valor mayor que la simple venta de la tierra, el rodal está siendo rentable ya que revaloriza la tierra y permite aumentar el bienestar del productor.

Los servicios intrínsecos que la base forestal de plantaciones forestales brinda a una comunidad y a un país son muchos y la AFE (Administración Forestal de Estado) los ha valorizado incluyendo el PSA y otros incentivos a la actividad, pero aún así existen rodales y/o especies que debido a su composición, crecimiento, ubicación, etc, no son rentables bajo estas condiciones. Por tanto se procedió a realizar el cálculo del VET_{max} de todos los rodales evaluados, como una expresión del valor potencial que tiene un rodal de esperar a su turno final y con esto determinar que rodales/especies están en condición marginal (rentabilidad marginal) y cuales están en condiciones buenas (rentabilidad baja) y optimas (rentabilidad alta).

El VET, a diferencia de otros indicadores económicos, tiene la ventaja de considerar rotaciones sucesivas, lo cual hace que sea posible la comparación de este indicador con una

actividad alternativa, en este caso la venta de la propiedad y por lo tanto nos permite tener un parámetro para medir la rentabilidad. Los datos utilizados nos permitieron identificar especies con rentabilidad nula (RN), rentabilidad baja (RB) y rentabilidad alta (RA). Para efectos de esta sección se procedió a agrupar las especies en estas tres condiciones, el VET_{max} es un indicador que muestra qué tan atractivo sería para un agente económico conservar un rodal y esperar por la cosecha final; si el VET_{max} es bajo el agente económico estaría más dispuesto a liquidar el rodal (Klemperer 1996).

Existe una cantidad de rodales con una rentabilidad marginal; esto pues el VET_{max} de la especie en promedio es menor que el precio de la tierra en la zona. Es decir, el mantener estos rodales en pie es menos rentable que cortar la madera y vender la tierra al valor de mercado de la tierra forestal; al mismo tiempo existen rodales con una rentabilidad superior al precio de la tierra, donde la venta de la tierra es menos que esperar por el Turno Económico de Rotación Óptima (TERO) de la especie en promedio y por último existe otro grupo de especies con una rentabilidad mucho mayor a la venta de la tierra, estas son en promedio las especies más rentables encontradas durante la evaluación (Figura 12).



Fuente: Elaboración propia. Anexo 3

Figura 12. Valor Esperado de la Tierra máximo promedio de las especies que conforman la base forestal de plantaciones de la Zona Norte y Atlántico de Costa Rica.

El grupo de especies más rentables está sin lugar a dudas encabezado por especies con alto precio de la madera como son *Tabebuia rosea*, *Dipteryx panamensis* y en menor grado por *Tectona grandis*. Estas especies en promedio tienen un turno de rotación de 25 años, mientras que el grupo de especies menos rentables, rentabilidad baja, está formada por especies como *Eucalyptus sp*, *Vochysia ferruginea* y *Schizolobium parahyba*, grupo conformado por especies de rápido crecimiento y que tienen en promedio un turno óptimo de 17 años y por último un total de 12 especies que para el sitio promedio (incluyendo diferentes perfiles y diferentes crecimientos) su rentabilidad es menor que el precio la tierra y tienen un turno promedio de rotación óptima de 21.4 años (Cuadro 11).

Cuadro 11. Rentabilidad ponderada para los sitios promedio por especie evaluadas en el año 2007 de la base forestal de plantaciones y el volumen promedio en corta final al momento de alcanzar el turno de rotación óptimo.

Rentabilidad Alta (RA)	Área (ha)	DAPprom (cm)	Hprom (m)	Vol Comercial Neto promedio (m ³ *ha ⁻¹)	Turno de rotación óptima (Edad)	Valor Esperado de la Tierra (col*ha ⁻¹)
<i>Tabebuia rosea</i>	8.90	34.94	22.36	113.47	29.0	22,169,951
<i>Dipteryx panamensis</i>	82.78	28.85	21.45	112.41	22.0	15,947,361
<i>Tectona grandis</i>	3394.59	30.33	21.38	82.37	19.9	10,465,555
<i>Cedrela odorata</i>	5.74	32.06	23.72	101.36	29.0	8,105,433
Subtotal /Promedio	3492.01	31.55	22.23	102.40	24.98	14,172,075
Rentabilidad baja (RB)						
<i>Eucalyptus sp</i>	15.00	37.77	32.99	195.64	18.0	6,597,363
<i>Vochysia ferruginea</i>	27.83	37.31	19.31	113.25	17.8	5,889,647
<i>Schizolobium parahyba</i>	1.22	33.51	23.16	108.07	14.0	5,569,488
Subtotal /Promedio	44.05	36.20	25.15	138.99	16.60	6,018,832
Rentabilidad marginal (RM)						
<i>Gmelina arborea</i>	1619.74	42.40	22.36	177.70	17.6	2,677,924
<i>Virola koschnyi</i>	8.90	29.15	22.32	76.96	22.8	1,281,908
<i>Acacia mangium</i>	118.22	32.03	12.48	53.32	16.8	1,195,298
<i>Hieronima alchomeoides</i>	225.50	28.47	15.62	51.32	18.4	1,186,234
<i>Alnus acuminata</i>	2.09	26.78	19.11	56.96	20.0	987,309
<i>Vochysia guatemalensis</i>	316.05	35.94	21.14	114.75	19.5	840,131
<i>Araucaria hunsteinii</i>	7.00	26.20	24.87	70.95	27.0	335,247
<i>Calophyllum brasiliense</i>	3.97	32.14	19.96	64.07	28.6	198,760
<i>Ceiba pentandra</i>	2.50	30.03	21.45	59.81	20.0	(144,417)
<i>Sterculia apetala</i>	7.50	26.73	19.20	53.28	20.0	(621,642)
<i>Terminalia amazonia</i>	149.66	32.62	24.20	100.06	20.2	(981,593)
<i>Cordia alliodora</i>	403.80	26.08	19.38	38.90	25.0	(1,891,648)
Subtotal /Promedio	2864.32	30.71	20.17	76.51	21.3	421,959

Fuente: Elaboración datos propios.

Las especies que se seleccionaron como especies con alta rentabilidad (RA) tienen en promedio una rentabilidad de 14,172,075 col*ha⁻¹, un volumen promedio de 102.40 m³*ha⁻¹, un DAP promedio de 31.55 cm y una altura total de 22.23m, las especies con rentabilidad baja (RB) tiene una rentabilidad promedio de 6,018,832 col*ha⁻¹, un volumen promedio de 138.99 m³*ha⁻¹, un DAP promedio de 36.20 cm y una altura total de 25.15m por último el grupo de rentabilidad marginal (RM) tiene una rentabilidad promedio de 421,959 col*ha⁻¹, un volumen promedio de 76.51 m³*ha⁻¹, un DAP promedio de 30.71 cm y una altura total de 20.17 m

Es importante identificar como el grupo de especies con rentabilidad alta (RA) son especies de crecimiento rápido a medio y especies con precios de madera altos, *Tectona grandis*, especie de crecimiento rápido, *Dipteryx panamensis*, *Tabebuia rosea* y *Cedrela odorata*, especies con alto valor de la madera (Anexo 6)

El siguiente grupo de especies son en su mayoría especies de rápido crecimiento; *Vochysia ferruginea*, *Eucalyptus sp* y *Schizolobium parahyba*, con precios de madera medio, en orden descendente de las especies con precios más altos a precios más bajos, estas especies tiene un precios de: 39,975.00 col*m⁻³, 29,981.25 col*m⁻³ y 35,587.50 col*m⁻³ para madera en patio de aserradero versus las especies del grupo anterior que tiene precios promedio de 126,079.69 col*m⁻³ madera en patio de aserradero.

Por último existe un grupo de especies que en promedio tiene rentabilidad marginal aunque como se verá más adelante en algunas condiciones su rentabilidad es baja o hasta alta para la misma especie pero en promedio ponderado estas son especies con rentabilidades marginales, es importante observar estos datos desde este punto de vista y no “castigar” a algunas especies que no son rentables sino observar las condiciones en las cuales estas especies son rentables con miras a propiciar esta situación. Este último grupo de especies es muy variado y está compuesto por 12 especies con mucha variabilidad entre ellas lo cual demuestra la heterogeneidad de la base forestal de plantaciones y cómo existen plantaciones con crecimientos muy buenos, buenos, regulares, malos y muy malos.

Observar los perfiles individualmente nos permite hacer una clasificación de especies y perfiles más precisa, esto con la finalidad de poder crear un grupo de perfiles que tienen una rentabilidad alta (RA) otro grupo con rentabilidad baja (RB) y por último un grupo de perfiles con rentabilidad marginal (RM), esto pues algunas especies son particularmente rentables si se da una combinación entre densidad, precio de la madera y crecimiento adecuada y también el caso contrario, si la combinación tiene una o dos variables, que influyen mucho en la rentabilidad, tienen valor bajo; la rentabilidad es muy baja o completamente nula, hasta los casos donde el valor del VET_{max} es negativo.

En total, solo 10 perfiles de los 64 creados se clasifican como perfiles de alta rentabilidad. Estos perfiles corresponden a 6 especies, estas especies son: *Dipteryx panamensis*, 3 de un total de 4 perfiles están clasificados como de alta rentabilidad, *Gmelina arborea*, 2 de un total de 9 perfiles están clasificados como RA, *Tabebuia rosea*, el único perfil fue clasificado como RA, *Tectona grandis*, 2 de un total de 6 perfiles están clasificados como RA y por último *Vochysia ferruginea*, con 1 perfil de un total de 3 perfiles están

clasificados como RA. Todas estas especies en promedio tienen una rentabilidad alta de aproximadamente $15,110,770 \text{ col} \cdot \text{m}^{-3}$, y un turno óptimo de 20.9 años (Cuadro 12). Del grupo de especies identificadas como rentables se eligió el *Dipteryx panamensis* y *Tectona grandis* como especies características de este grupo, la tendencia de las especies está bien descrita por estas dos especies.

Cuadro 12. Grupo de perfiles para especies en sitios de alta y mediana productividad que generan alta rentabilidad, Turnos económico de rotación óptima para cada uno de esas especies y el área bajo cada perfil.

Especie Densidad Crecimiento	Área (ha)	Vetmax ($\text{col} \cdot \text{ha}^{-1}$)	Turno Económico de Rotación Óptima (edad)
Tabebuia rosea	8.9	22,169,951	29.0
1111	8.9	22,169,951	29.0
MEDIO	8.9	22,169,951	29.0
Dipteryx panamensis	54.5	19,904,484	22.0
1111	12.8	22,347,574	22.0
ALTO	12.8	22,347,574	22.0
833	41.7	18,682,939	22.0
ALTO	25.5	22,347,574	22.0
MEDIO	16.2	15,018,304	22.0
Tectona grandis	1,706.2	13,981,847	18.5
1111	795.2	13,402,391	19.0
ALTO	795.2	13,402,391	19.0
833	911.0	14,561,303	18.0
ALTO	911.0	14,561,303	18.0
Gmelina arborea	166.3	12,532,670	15.5
1600	68.2	10,385,297	13.0
ALTO	68.2	10,385,297	13.0
1111	98.1	14,680,042	18.0
ALTO	98.1	14,680,042	18.0
Cedrela odorata	5.7	8,105,433	29.0
1111	5.7	8,105,433	29.0
MEDIO	5.7	8,105,433	29.0
Vochysia ferruginea	10.1	8,089,825	17.0
1111	10.1	8,089,825	17.0
ALTO	10.1	8,089,825	17.0
Promedio General	1,951.7	15,110,770	20.9

Fuente: Datos propios

El siguiente grupo es el de los perfiles de rentabilidad baja, este grupo es más amplio que el grupo anterior, pero comparten algunas especies. En total se encontraron 16 perfiles con rentabilidad baja, esto es; VET_{\max} mayor a $3,000,000 \text{ col} \cdot \text{ha}^{-1}$ (precio de la tierra en la zona), pero menor a $VET_{\max} 8,000,000 \text{ col} \cdot \text{ha}^{-1}$. Las especies que se encontraron entre estos perfiles fueron: *Acacia mangium*, *Dipteryx panamensis*, *Eucalyptus sp*, *Gmelina arborea*, *Hyeronima alchorneoides*, *Schizolobium parahyba*, *Tectona grandis*, *Virola koschnyi*, *Vochysia ferruginea* y *Vochysia guatemalensis*. Esto nos muestra que en condiciones favorables y bajo las limitaciones de este estudio 13 de las 19 especies mostraron ser rentables, ya sea con una

rentabilidad alta o con una rentabilidad baja, es importante anotar que de las 10 especies con rentabilidad baja, hasta 7 de estas especies pueden estar en condiciones de rentabilidad nula bajo un escenario desfavorable. Por otro lado los rodales con rentabilidad baja en promedio tiene un valor de VET_{max} de 5,402,137 col*ha⁻¹ y un turno óptimo promedio de 17.1 años. De los perfiles y especies con rentabilidad baja se logró identificar que las especies más representativas de este grupo de especies son: *Schizolobium parahyba* y *Vochysia ferruginea* (Cuadro 19), estas especies permiten perfilar el comportamiento de este grupo de especies y para efectos del análisis de sensibilidad serán utilizadas para evaluar el efecto de una variable sobre el grupo de especies con rentabilidad baja.

Cuadro 13. Grupo de perfiles para especies en sitios de baja, alta y mediana productividad que generan baja rentabilidad, Turnos económico de rotación óptima para cada uno de esas especies y el área bajo cada perfil.

Especie	Área (ha)	Vetmax (col*ha ⁻¹)	Turno Económico de Rotación Óptima (edad)
Dipteryx panamensis	28.2	7,796,953	22.0
833	28.2	7,796,953	22.0
BAJO	28.2	7,796,953	22.0
Eucalyptus sp	15.0	6,597,363	18.0
1111	15.0	6,597,363	18.0
MEDIO	15.0	6,597,363	18.0
Tectona grandis	1635.0	6,446,486	21.5
1111	1279.2	7,557,174	21.0
MEDIO	1279.2	7,557,174	21.0
833	355.8	5,335,798	22.0
MEDIO	355.8	5,335,798	22.0
Virola koschnyi	1.0	5,659,082	19.0
1111	1.0	5,659,082	19.0
ALTO	1.0	5,659,082	19.0
Schizolobium parahyba	1.2	5,569,488	14.0
1111	1.2	5,569,488	14.0
MEDIO	1.2	5,569,488	14.0
Gmelina arborea	323.0	5,313,389	15.8
1600	11.0	4,002,290	16.0
MEDIO	11.0	4,002,290	16.0
1111	5.0	7,204,257	18.0
MEDIO	5.0	7,204,257	18.0
833	307.0	5,023,504	14.5
ALTO	191.5	6,821,618	13.0
MEDIO	115.5	3,225,390	16.0
Acacia mangium	29.1	5,149,603	14.0
1111	2.0	6,013,279	14.0
ALTO	2.0	6,013,279	14.0
833	27.1	4,285,927	14.0
ALTO	27.1	4,285,927	14.0
Vochysia ferruginea	16.6	4,838,379	18.0
1111	16.6	4,838,379	18.0
MEDIO	16.6	4,838,379	18.0
Vochysia guatemalensis	37.5	3,941,011	17.0
1111	12.2	4,621,303	17.0
ALTO	12.2	4,621,303	17.0
833	25.3	3,260,720	17.0
ALTO	25.3	3,260,720	17.0
Hieronima alchorneoides	80.6	3,645,179	14.0
1111	80.6	3,645,179	14.0
ALTO	80.6	3,645,179	14.0
Promedio General	2167.2	5,402,137	17.1

Fuente: Datos propios

Por último, existe un grupo de especies (14 especies) comprendidas en perfiles (38 perfiles) que clasifican como perfiles con rentabilidad marginal, bajo las condiciones de este estudio estos perfiles no cubren el costo de la tierra como una opción de inversión, la decisión más correcta, desde el punto de vista económico, es la venta de la tierra al precio de mercado porque la rentabilidad es nula. Del total de 38 perfiles se rescatan los casos más particulares

como son *Vochysia ferruginea*, densidad 111, bajo; este es el perfil con el VET_{max} mayor pero sin llegar al mínimo del precio de la tierra (3,000,000 col*ha⁻¹) para ser considerado una inversión rentable, este perfil tiene un valor de 1,912,889 col*ha⁻¹, otra especie importante de recalcar, principalmente por su importancia y lo mucho que ha proliferado la especie en el zona es la *Acacia mangium*, la cual calificó como una especie con rentabilidad baja y nula para todos los perfiles evaluados y con un promedio de VET_{max} de apenas 395,138 col*ha⁻¹ casi 8 veces menos que el precio de la tierra en la zona. Las especies menos rentables o con rentabilidad negativa (-) son: *Terminalia amazonia* y *Cordia alliodora* estas dos especies en promedio presentaron un VET_{max} de: -983,824 col*ha⁻¹, lo mismo que decir que la inversión en estas especies, y bajo las condiciones especificadas, disminuirían el bienestar del inversionista en -983,824 col*ha⁻¹ (Cuadro 14).

Cuadro 14. Grupo de perfiles para especies en sitios de baja, alta y mediana productividad que generan rentabilidad marginal, Turnos económico de rotación óptima para cada uno de esas especies y el área bajo cada perfil.

Densidad Crecimiento	(ha)	(col*ha ⁻¹)	Rotación Óptima (edad)
Vochysia ferruginea	1.2	1,912,889	22.0
1111	1.2	1,912,889	22.0
BAJO	1.2	1,912,889	22.0
Hieronima alchorneoides	144.9	969,913	18.3
1111	129.9	289,509	20.0
BAJO	112.5	(703,569)	22.0
MEDIO	17.5	1,282,587	18.0
833	15.0	1,650,316	16.5
ALTO	10.2	2,691,198	14.0
MEDIO	4.8	609,434	19.0
Gmelina arborea	1130.4	586,537	18.7
1600	443.7	312,457	19.0
BAJO	443.7	312,457	19.0
1111	188.9	1,387,355	18.0
BAJO	188.9	1,387,355	18.0
833	497.9	59,800	19.0
MEDIO	497.9	59,800	19.0
Tectona grandis	53.4	524,379	26.5
1111	41.2	870,661	27.0
BAJO	41.2	870,661	27.0
833	12.2	178,097	26.0
MEDIO	12.2	178,097	26.0
Acacia mangium	89.1	395,138	17.5
1111	50.4	711,052	17.0
BAJO	27.8	(276,778)	18.0
MEDIO	22.6	1,698,882	16.0
833	38.7	79,224	18.0
BAJO	31.8	(744,265)	19.0
MEDIO	6.9	902,713	17.0
Vochysia guatemalensis	278.6	(402,504)	22.0
1111	229.2	(201,900)	21.5
BAJO	21.6	(1,219,732)	24.0
MEDIO	207.6	815,933	19.0
833	49.4	(603,109)	22.5
BAJO	16.7	(1,452,734)	25.0
MEDIO	32.7	246,517	20.0
Sterculia apetala	7.5	(621,642)	20.0
833	7.5	(621,642)	20.0
MEDIO	7.5	(621,642)	20.0
Terminalia amazonia	149.7	(953,265)	20.0
1600	2.3	(1,234,179)	21.0
BAJO	2.3	(1,234,179)	21.0
1111	132.0	(639,455)	19.0
ALTO	31.1	(44,731)	17.0
MEDIO	101.0	(1,234,179)	21.0
833	15.1	(986,160)	20.0
ALTO	0.2	(788,138)	19.0
MEDIO	14.8	(1,184,183)	21.0
625	0.2	(1,234,179)	21.0
ALTO	0.2	(1,234,179)	21.0

Fuente: Elaboración propia Anexo 4

De este grupo de perfiles con rentabilidad marginal se seleccionaron como especies representativas del comportamiento del grupo a las especies: *Vochysia guatemalensis* y *Terminalia amazonia*.

En general existen especies típicamente muy rentables como: *Cedrela odorata*, *Dipteryx panamensis* y *Tectona grandis*, , especies con comportamiento típico de rentabilidad baja como : *Schizolobium parahyba* y *Vochysia ferruginea* y por último un grupo de especies que se comportan a la “baja” , y son especies con rentabilidad nula: *Vochysia guatemalensis* y *Terminalia amazonia*. Además existen especies que se pueden comportar desde muy rentables hasta con rentabilidad nula si el crecimiento es muy alto o muy bajo, la *Tectona grandis*, *Gmelina arborea*, *Vochysia ferruginea*, estas tres especies están presentes en muy variadas condiciones (Cuadro 15).

Cuadro 15. Clasificación de la rentabilidad de las especies según los perfiles evaluados y la cantidad de área (hectáreas) bajo cada una de las condiciones de rentabilidad.

	Rentabilidad Alta	Rentabilidad Baja	Rentabilidad Marginal
Acacia mangium		(29.1 ha)	(89.1 ha)
Alnus acuminata			(2.1 ha)
Araucaria hunsteinii			(7.0 ha)
Calophyllum brasiliense			(4.0 ha)
Cedrela odorata	(5.7 ha)		
Ceiba pentandra			(2.5 ha)
Cordia alliodora			(403.8 ha)
Dipteryx panamensis	(54.5 ha)	(28.2 ha)	
Eucalyptus sp		(15.0 ha)	
Gmelina arborea	(166.3 ha)	(323.0 ha)	(1,130.4 ha)
Hieronima alchorneoides		(80.6 ha)	(144.9 ha)
Schizolobium parahyba		(1.2 ha)	
Sterculia apetala			(7.5 ha)
Tabebuia rosea	(8.9 ha)		
Tectona grandis	(1,706.2 ha)	(1,635 ha)	(53.4 ha)
Terminalia amazonia			(149.7 ha)
Virola koschnyi		(1.0 ha)	(7.3 ha)
Vochysia ferruginea	(10.1 ha)	(16.6 ha)	(1.2 ha)
Vochysia guatemalensis		(37.5 ha)	(278.6 ha)
	1,951.7 ha	2,167.2 ha	2,281.5 ha

Fuente: Elaboración propia Anexo 5

De las especies se encontraron que al menos 6 de las 19 especies evaluadas tiene posibilidad de ser rentable bajo condiciones adecuadas (densidad y sitios de media y alta productividad), esto nos indica la importancia de una correcta selección de sitio. Especies como la *Gmelina arborea* y *Tectona grandis* se encuentran en condiciones desde muy rentables hasta rentabilidades marginales, otras especies por el contrario son típicamente poco rentables y son especies que no deben incentivarse de forma masiva sino en sitio y condiciones específicas.

Se encontró que en total 4,118.9 ha se encuentran en condiciones de rentabilidad alta o baja y por consiguiente para efectos de proyección del aporte de las plantaciones es una buena noticia ya que si se cumplen las primicias establecidas en este estudio y si los agentes económicos toman decisiones siguiendo motivaciones económicas estas 4,118.9 hectáreas se replantarán, las restantes 2,281 ha no representan un beneficio para el inversionista y por ende no deberían replantarse bajo las condiciones actuales.

4.2 Objetivo 2: Determinar el valor total de la base forestal de plantaciones evaluada mediante el uso del Valor Inmaduro del Rodal (VIR_y) y el Valor de Liquidación (Vliq).

Determinar la rentabilidad de una serie de rodales es solamente una parte de la verdadera valoración de un recurso, al final del día es importante no solo saber cuánta de la inversión en la zona es rentable o no, bajo ciertas condiciones, sino también el valor real en pie de la base forestal de plantaciones como generador de valor a la actividad y por ende en algunos casos aumentar la rentabilidad como una respuesta de los mercados a el valor de los activos, el VIR_y es el valor actual de un rodal por esperar hasta el tiempo (y) por su turno óptimo estimado, el VIR_y toman en cuenta toda la inversión o los “costos hundidos” que se efectuaron del año cero hasta al año del turno, por lo tanto es la forma más adecuada de representar el valor real de las inversiones forestales (Navarro 2004). Los rodales que ya han pasado el turno óptimo fueron evaluados utilizando el V_{liqu}, que es el Valor presente neto de toda la inversión hasta hoy más la venta de la madera.

En total la base forestal de plantaciones forestales tiene un valor en pie actual de 38,336,015,202 colones, las especies que en total tiene mayor aporte son: *Tectona grandis*, *Gmelina arborea* y *Dipteryx panamensis* en orden descendente, esto se debe principalmente a que la *Tectona grandis* y la *Gmelina arborea* son las especies con mas área plantada. (Cuadro 16).

Cuadro 16. Valor total de la base forestal de plantaciones de la Zona Norte y Atlántico de Costa Rica para el año 2007, momento en el cual se realizó la evaluación.

Especie	VIR _y (colones)	V _{liqu} (colones)	Total x especies (colones)
Acacia mangium	200,551,361		200,551,361
Alnus acuminata	3,276,746		3,276,746
Araucaria hunsteinii	6,335,842		6,335,842
Calophyllum brasiliense	2,852,019		2,852,019
Cedrela odorata	(1,409,426)		(1,409,426)
Ceiba pentandra	1,387,972		1,387,972
Cordia alliodora	(68,350,952)	(2,193,602)	(70,544,554)
Dipteryx panamensis	1,102,797,639		1,102,797,639
Eucalyptus sp	100,546,422		100,546,422
Gmelina arborea	4,638,058,498		4,638,058,498
Hieronima alchomeoides	377,539,110	57,497,821	435,036,932
Schizolobium parahyba	6,036,726		6,036,726
Sterculia apetala	994,450		994,450
Tabebuia rosea	173,156,082		173,156,082
Tectona grandis	31,118,435,347		31,118,435,347
Terminalia amazonia	(13,393,905)		(13,393,905)
Virola koschnyi	8,838,830	4,762,905	13,601,734
Vochysia ferruginea	135,525,173		135,525,173
Vochysia guatemalensis	482,770,144		482,770,144
Total general	38,275,948,078	60,067,124	38,336,015,202

Como se vio anteriormente la base forestal de plantaciones comprende rodales, representados por diferentes perfiles, en muy diversas condiciones. Solo un 30.49% del área de rodales evaluados está en estado de rentabilidad alta, el otro 33.86% está en rentabilidad baja y el restante 35.65% está en calidad de rodales con rentabilidad nula. Debido a esta condición de heterogeneidad, es difícil decir cuál es la condición de la base forestal. Es por esto que el VIR_y nos permite, en términos financieros, exponer cual es la condición actual de la base forestal de plantaciones.

En promedio la base forestal de plantaciones tiene un valor de 5,985,326.34 col*ha⁻¹. Este valor es importante de rescatar pues es en promedio alto, lo cual nos permite inferir que la

zona tiene aptitud para la actividad, pues en promedio el valor de la base actual es superior al precio promedio de la tierra en la zona. Lo importante de rescatar de estos resultados es que no todos los rodales están en esta condición, existen muchos rodales en condiciones de rentabilidad nula y por ende su permanencia no es una buena opción para la zona, mientras que hay otros rodales que están en mejores condiciones y que vale la pena que se conserven.

Entre más rodales existan de especies con rentabilidad alta, el valor de la base forestal es mayor y en términos económicos los rodales con rentabilidad nula debería ser reemplazados con rodales de mayor rentabilidad con el objetivo de revalorizar la actividad del cultivo de la madera.

El valor total de la base forestal es importante para poder dimensionar el peso que puede tener una actividad en una zona específica, este valor como se vio es muy alto, pero no necesariamente indica que el uso actual este valorizando la tierra por el cultivo de árboles, para esto es necesario comparar el VIR con el Vliq actual, en la estimación del valor total de rodal solamente se incluye el Vliq para los que pueden ser valorizados a futuro pues su turno óptimo ya fue superado. La teoría de inversiones nos dice que el VIR es el valor actual potencial de un rodal, por esperar un turno futuro, este valor toma el cuenta el volumen proyectado así como todos los ingresos y egresos hasta el momento en el VET es máximo y el costo capital de los mismos, mientras que el Vliq es el valor de rodal hoy por la madera que tiene. Por eso si un rodal que es considerado rentable, tiene un VIR menor que el Valor de Liquidación, este rodal estará más propenso a ser liquidado que un rodal que tiene un VIR mayor que un Vliq, esto por ende tendrá un efecto sobre los rodales que se puedan proyectar para las cosechas futuras en el Objetivo 4 de esta sección, es por esto que estos rodales no se incluyen como rodales que se replantearan, así mismo esto nos permite determinar que si de no haber cambios significativos en las variables que más influyen la rentabilidad de la plantaciones estos rodales no llegará a cumplir su turno final.

Si comparamos el VIR y el Vliq de cada uno de los rodales evaluados encontramos que el 68% de los rodales encontrados deberían ser liquidados, desde el punto de vista financiero, esto pues el VIR es menor que el valor de cortar de toda la madera y liquidar el proyecto. El 68 % de los rodales evaluados, es decir 4,361 ha están en peligro de ser cortadas sin haber

llegado a su madurez, bajo las condiciones actuales, como veremos más adelante (Capítulo 4.3) la rentabilidad puede verse afectada por algunas variables y esto por lo tanto afectaría el VIR ya que el valor por esperar a un turno final es mayor si la rentabilidad esperada también lo es (Cuadro 17).

Cuadro 17. Valor inmaduro y Valor de liquidación de las especies evaluadas y su respectiva proporción respecto al total de la base forestal de plantaciones.

Especies	VIR vs Vliq		VIR promedio (col*ha-1)	Vliq promedio (col*ha-1)
	Mantener (ha)	Liquidar (ha)		
Acacia mangium	111.31	6.91	33,425,227	25,462,530
Alnus acuminata	0.00	2.09	3,276,746	3,895,874
Araucaria hunsteinii	7.00	0.00	6,335,842	2,346,727
Calophyllum brasiliense	3.97	0.00	1,426,010	394,539
Cedrela odorata	0.00	5.74	-1,409,426	46,525,186
Ceiba pentandra	2.50	0.00	1,387,972	-361,041
Cordia alliodora	403.80	0.00	-17,087,738	-80,529,119
Dipteryx panamensis	0.00	82.78	275,699,410	346,706,639
Eucalyptus sp	15.00	0.00	100,546,422	98,960,444
Gmelina arborea	497.88	1,121.86	515,339,833	591,802,386
Hieronima alchomeoides	127.42	98.08	75,507,822	75,053,491
Schizolobium parahyba	0.00	1.22	6,036,726	8,432,159
Sterculia apetala	7.50	0.00	994,450	-4,662,318
Tabebuia rosea	0.00	8.90	173,156,082	197,312,563
Tectona grandis	409.20	2,985.39	5,186,405,891	5,804,729,438
Terminalia amazonia	149.66	0.00	-2,232,317	-20,589,435
Virola koschnyi	3.89	4.41	1,767,766	4,528,867
Vochysia ferruginea	0.00	27.83	45,175,058	67,444,012
Vochysia guatemalensis	299.31	16.75	80,461,691	51,017,888
Total general	2,038.43	4,361.94	341,379,656	379,919,517

Estos resultados son considerablemente menores a lo esperado, pues desde el punto de vista financiero el 68% de las plantaciones deberían eliminarse pues o son rodales sobre maduros o son rodales que en este momento valen más si se cortan hoy que mantenerlos al final del turno, tomando en cuenta solo el valor de la inversión en madera.

4.3 Objetivo 3: Identificar los factores económicos, de mercado y de inversiones intrínsecas que han llevado a un desinterés por la reforestación, mediante un análisis de sensibilidad.

Los grupos de perfiles seleccionados; grupo de perfiles con rentabilidad alta (RA), rentabilidad baja (RB) y rentabilidad Marginal (RM) están representados por 2 especies cada uno a saber; RA: *Dipteryx panamensis* y *Tectona grandis*, RB: *Vochysia ferruginea* y *Schizolobium parahyba* y RM: *Terminalia amazonia* y *Vochysia guatemalensis*.

El análisis de sensibilidad seleccionado *ceteris paribus* permite identificar el efecto que una variable tiene sobre la rentabilidad, debido a que el análisis económico pretende describir situaciones reales estas variables deben representar alguna situación o algún hecho real y cuantificable, si por el contrario las variaciones sin antojadizas los resultados carecen de valor porque no interpretan una condición posible en el estudio. Por esta razón cada variación en la condición base (CB) deberá responder a diferentes situaciones, o perfiles de inversionistas o condiciones específicas.

Para el caso de la primer variable seleccionada, la Tasa Mínima Aceptable (TMA) cada una de las tasa seleccionadas pretenden describir un tipo de inversionistas; 0.43% Inversionista Prestamista Adinerado (IP), 4.39% Inversionista Prestamista con Fondos Propios (IPFP) –Condición Base CB- y 11.87% Inversionista Deudor del Sistema Bancario Nacional (IDSBN). El siguiente análisis de sensibilidad fue respecto al Precio Implícito de la Madera en Pie (PIMP) y corresponde al efecto que tiene un aumento en el precio del transporte sobre el PIMP, esto pues el PIMP es el precio de la madera en patio menos el precio del transporte menos el precio de la corta ($PIMP = \text{Precio Madera en patio} - \text{Costo Transporte} - \text{Costo Corta}$), por lo tanto un aumento en la distancia a los puntos de procesamiento da como resultado implícito una disminución en el PIMP. Las distancias seleccionadas corresponden a procesar la madera en forma local (25km); lo cual correspondiente a un aumento (+) de 5 col/m^{-3} en el Costo de transporte respecto a la condición base (CB); la cual es el procesamiento en aserraderos regionales (50km); y por último el procesamiento en el Valle Central (180km); correspondiente a una disminución (-) de 26 col/m^{-3} en el costo de transporte (Cuadro 17).

Cuadro 18. Variaciones en el PIMP para las especies seleccionadas de la base forestal de plantaciones forestales de la Zona Norte Atlántica.

Especie	Precio madera en patio (col*m-3) A	Costo de corta (col*m-3) B	Costo Transp 25 km (col*m-3) C	Costo Transp 50 km (col*m-3) D	Costo Transp 180 km (col*m-3) E	PIMP 25 km (col*m-3) A-(B+C)	PIMP 50 km (col*m-3) A-(B+D)	PIMP 180 km (col*m-3) A-(B+E)
<i>Dipteryx panamensis</i>	225,875	5,444	1,946	3,891	14,008	218,486	216,540	206,423
<i>Eucalyptus sp</i>	39,975	5,444	1,946	3,891	14,008	32,586	30,640	20,523
<i>Gmelina arborea</i>	25,350	5,444	1,946	3,891	14,008	17,961	16,015	5,898
<i>Tectona grandis</i>	50,375	5,444	1,946	3,891	14,008	42,986	41,040	30,923
<i>Terminalia amazonia</i>	61,750	5,444	1,946	3,891	14,008	54,361	52,415	42,298
<i>Vochysia ferruginea</i>	53,300	5,444	1,946	3,891	14,008	45,911	43,965	33,848
<i>Vochysia guatemalensis</i>	35,750	5,444	1,946	3,891	14,008	28,361	26,415	16,298

También utilizando la distancia a mercados como una variable que puede afectar la rentabilidad se procedió a realizar un análisis de sensibilidad utilizando las distancias antes seleccionadas, pero como reflejo de diferentes opciones de industrialización o diferentes zonas de procesamiento.

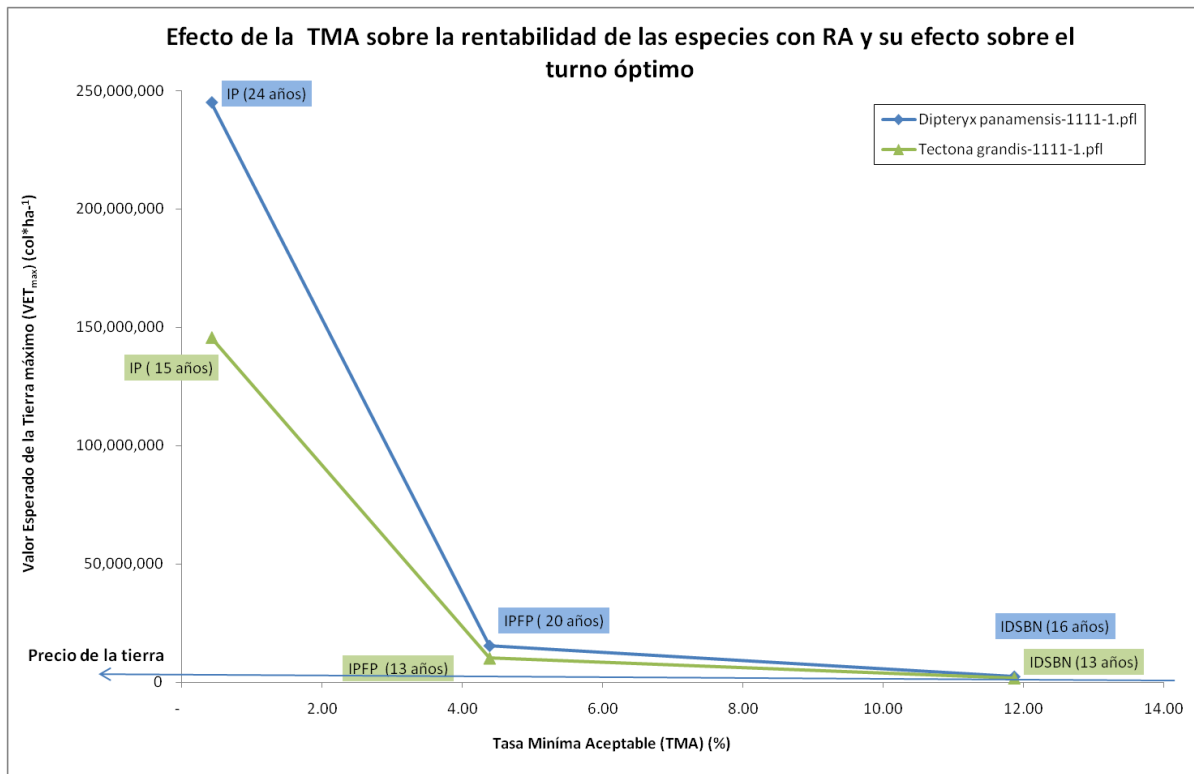
El penúltimo análisis de sensibilidad fue respecto a la influencia del PSA y otros incentivos a la actividad los cuales se expusieron en la metodología. El último análisis fue de índole silvicultural y es relacionado con el volumen estimado mediante modelos genéricos de crecimiento, se utilizó una subestimación del 10% y una sobre estimación del 10%, con el objetivo de determinar si esta variación tiene un efecto significativo sobre la rentabilidad.

4.3.1 Tipos de inversionistas y la rentabilidad de la actividad (TMA)

El grupo de especies con rentabilidad alta (RA) representadas por dos especies (*Dipteryx panamensis* y *Tectona grandis*) nos muestra como para los inversionistas adinerados (IP) y para el inversionista sin urgencia por el capital (IPFP) la actividad con estas dos especies es muy rentable, en el caso de IP esta actividad aumenta su rentabilidad hasta en un 1,588% desde la condición base (IPFP), por el contrario para un inversionista con mucha impaciencia por el capital, Inversionista Deudor del Sistema Bancario Nacional (IBSBN), la inversión no resulta viable y es en promedio 1,000,000 col*ha⁻¹, menor que el precio de la tierra en la zona, lo cual representa una disminución del 84% de sobre la condición base, en

resumen ni siquiera estas especies, que son las de rentabilidad mayor, permiten soportar una carga financiera tan alta (Figura 12).

Una variación en el perfil de inversionista dio como resultado una variación considerable en la rentabilidad, así mismo, una variación en el turno óptimo; entre más alta la TMA, ósea mas impaciencia por el capital, el turno óptimo se redujo hasta en 4 años (Figura 13) (Anexo 7).



Donde:

IP: Inversionista Prestamista Adinerado

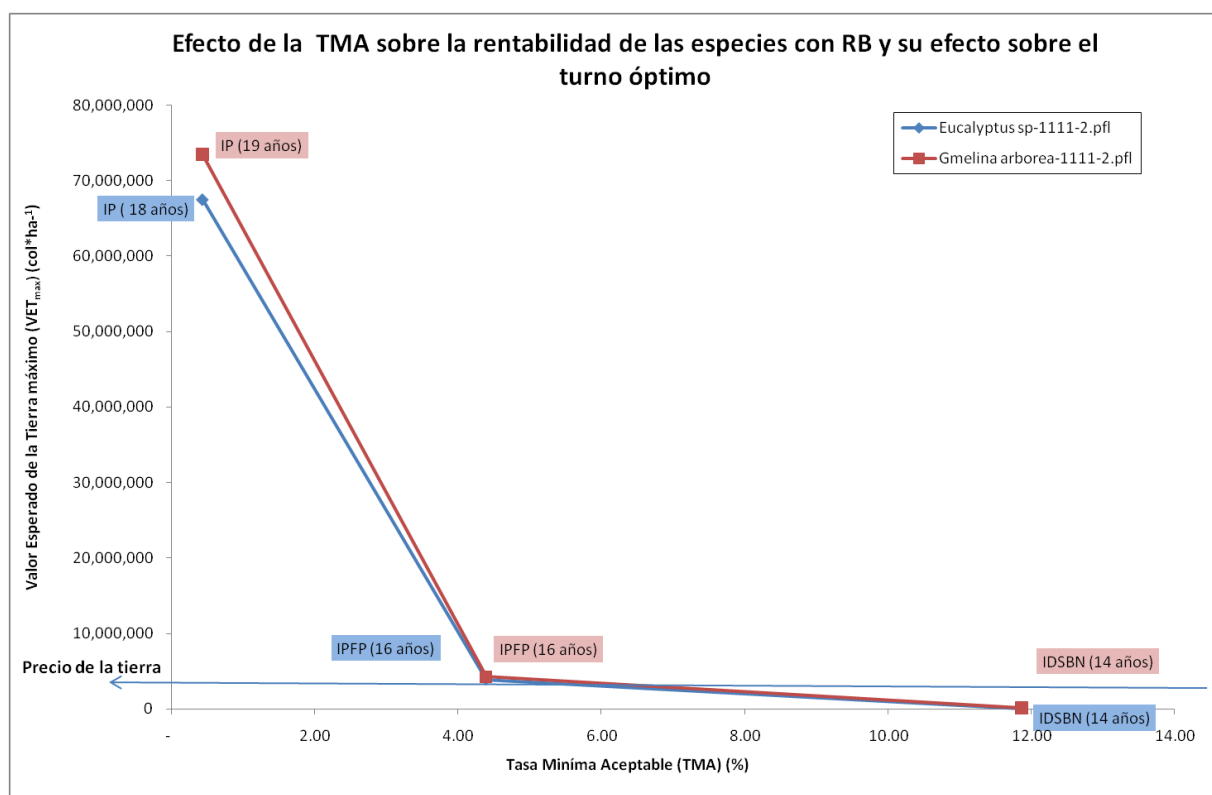
IPFP: Inversionista Prestamista con Fondos Propios

IDSBN: Inversionista Deudor del Sistema Bancario Nacional

Figura 13. Efecto de la TMA en la rentabilidad de las especies seleccionadas.

El comportamiento de la rentabilidad de las especies fue en términos generales muy similar. El inversionista con menos impaciencia es para quien la inversión es más atractiva, lo cual afirma la teoría que las inversiones forestales se caracterizan por tener líneas de pendientes pronunciadas, como las especies aquí seleccionadas, es decir estas inversiones son más sensibles al costo del capital (Strand 1969 citado por Navarro 2005).

El siguiente grupo de especies denominado especies de rentabilidad baja (RB), se comporto igual al grupo anterior, luego de una disminución en la TMA, ósea una menor impaciencia por el capital, la rentabilidad aumento hasta en un 1,600% respecto a la condición base, es decir el inversionista con menor urgencia por el capital reporta una mayor rentabilidad respecto al inversionista con menor impaciencia por el capital. Como efecto del aumento de la rentabilidad se dio un aumento en el turno óptimo hasta de 3 años para una misma especie. Por otro lado al aumentar la TMA del inversionista, es decir aumentando la impaciencia que este inversionista tiene por el capital, la rentabilidad disminuyó en una magnitud importante, esto pues ambas especies salen de la zona de rentabilidad respecto al precio de la tierra en la zona, estas dos especies en promedio disminuyeron su rentabilidad en un 6% con respecto a la condición base. (Figura 14) (Anexo 7).



Donde:

IP: Inversor Prestamista Adinerado

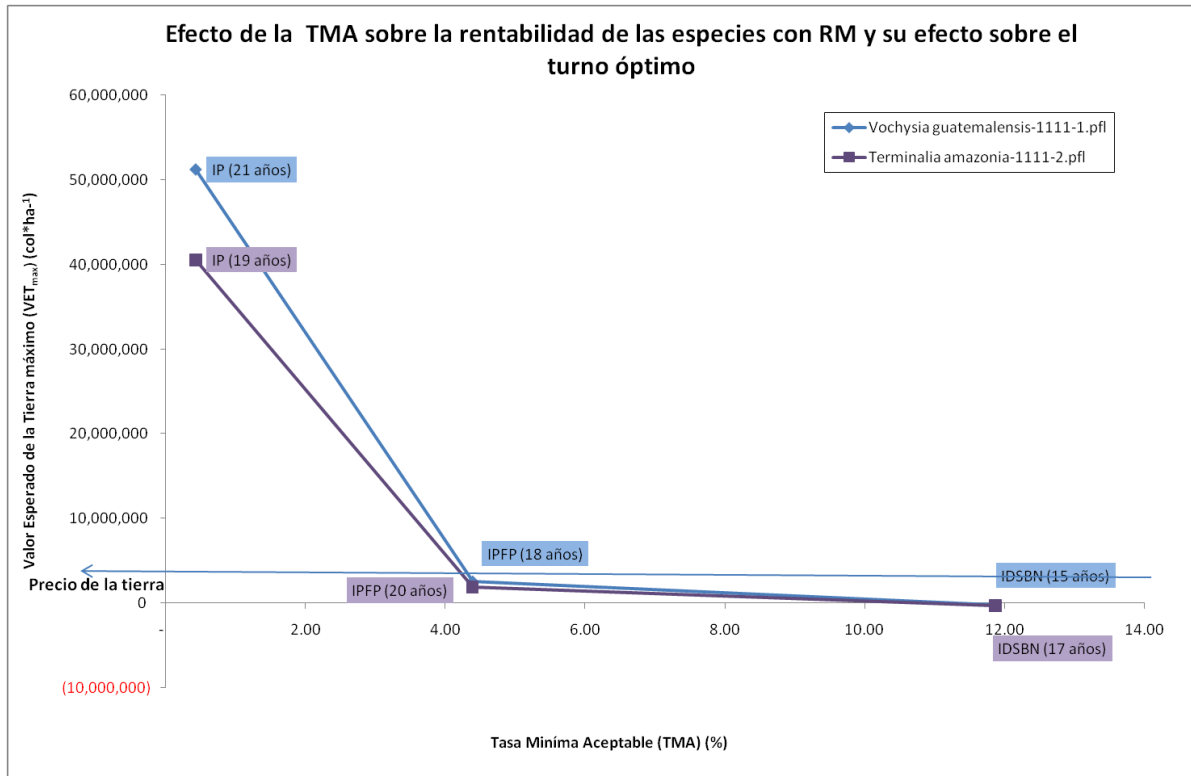
IPFP: Inversor Prestamista con Fondos Propios

IDSBN: Inversor Deudor del Sistema Bancario Nacional

Figura 14. Efecto de la TMA en la rentabilidad de dos especies con rentabilidad baja y su efecto sobre el turno óptimo de los rodales de la base forestal de plantaciones de la Zona Norte y Atlántica.

El último grupo de especies son las especies que bajo las condiciones de este estudio son las especies con menor rentabilidad, las cuales se denominaran como las especies de rentabilidad marginal (RM) para efectos de este documento.

Las dos especies seleccionadas dentro de este grupo y que muestran el comportamiento de rentabilidad marginal son: la *Vochysia guatemalensis* y la *Terminalia amazonia* ambas especies en su condición base, es decir para un inversionista privado con fondos propios (IPFP), el VET máximo es inferior al precio de la tierra, el cual representa el punto de referencia para evaluar la rentabilidad de una inversión bajo diferentes perfiles de inversionistas. Ambas especies aumentan su rentabilidad considerablemente al ponerlas en el perfil de inversionista con menos prisa por el capital (IP), este aumento en la rentabilidad para las especies seleccionada es en promedio de 26,413 col*ha⁻¹, es decir bajo estas condiciones cualquiera de las especies es rentable, lo cual coincide con lo esperado, caso similar encontró Navarro 2005 para especie similares en la zona Atlántica; un aumento de la rentabilidad de especies poco rentables bajo tasas de descuento altas, esto debido a que las especies son altamente sensibles al costo capital (Figura 15) (Anexo 7). Para estas especies también fue posible determinar que para una aumento en la impaciencia del inversionista, descrito mediante la TMA, ósea un aumento en la TMA trajo una disminución en el turno óptimo de rotación económica, esto debido principalmente a la impaciencia del inversionista por liquidar el rodal y crear un nueva rotación, aunque para estos casos particulares (RN) no es recomendable incentivar un segunda rotación al menos que se cambie la especie, debido a que en la condición base no ninguna de las especies es rentable



Donde:

IP: Inversionista Prestamista Adinerado

IPFP: Inversionista Prestamista con Fondos Propios

IDSBN: Inversionista Deudor del Sistema Bancario Nacional

Figura 15. Efecto de la TMA en la rentabilidad de dos especies con rentabilidad marginal y su efecto sobre el turno óptimo de los rodales de la base forestal de plantaciones de la Zona Norte y Atlántica.

En resumen todas las especies experimentaron un aumento significativo en la rentabilidad en respuesta a una disminución en la impaciencia del inversionistas, descrita mediante la TMA, así mismo todos los escenarios de inversionistas que requieren de un préstamo en el Sistema Bancario Nacional (Bancos Estatales), la actividad no es rentable debido principalmente al horizonte de inversión ya que el costo capital es muy alto para una actividad con rotaciones mayores a los 14 años en promedio.

4.3.2 Precio Implícito de la Madera en Pie (PIMP)

Al igual que en los análisis de sensibilidad anteriores este se presenta como el promedio ponderado para las especies seleccionadas, el análisis de sensibilidad por perfil se adjuntan en la sección de anexos (Anexo 8).

La condición base del análisis de sensibilidad fue utilizando un Precio Implícito de la Madera en Pie (PIMP) para aprovechamientos en un radio de 50 kilómetros, lo cual tiene un costo de transporte de $3,891 \text{ col} \cdot \text{m}^{-3}$, esto tiene a su vez diferentes proporciones en el PIMP según el valor de la madera, recordando que el PIMP corresponde al precio de la madera en patio (PMP), menos (-) Costo corta y arraste (CC), el cual no varía si no hay una variación en el paquete tecnológico utilizado para esa actividad, menos (-) el Costo de Transporte (CT). Por tanto las especies en condición base tiene un CT de $3,891 \text{ col} \cdot \text{m}^{-3}$, y las condiciones de sensibilización serán; (1) un aumento de $1,946 \text{ col} \cdot \text{m}^{-3}$ en el PIMP y (2) una disminución de $10,117 \text{ col} \cdot \text{m}^{-3}$, correspondientes a diferentes distancias de procesamiento de la madera.

El primer grupo de especies seleccionadas nuevamente corresponde a las especies con mejor calificación en condición base, a estas especies se le denominó, y en lo sucesivo en esta sección se les seguirá llamando Especies de Rentabilidad Alta (RA), estas especies mostraron un comportamiento muy predecible respecto a lo evaluado por otros autores; Navarro 2005; todas las especies respondieron positivamente ante una aumento del PIMP, aumentando su rentabilidad en promedio de $741,241 \text{ col} \cdot \text{ha}^{-1}$ esto representa en promedio un aumento porcentual del 7% en la rentabilidad de las especies seleccionadas, por el contrario al darse una disminución en el PIMP la rentabilidad de las especies disminuye en promedio $3,801,980 \text{ col} \cdot \text{ha}^{-1}$ lo cual representa un 107% de la condición base. (Figura 16)(Anexo 8).

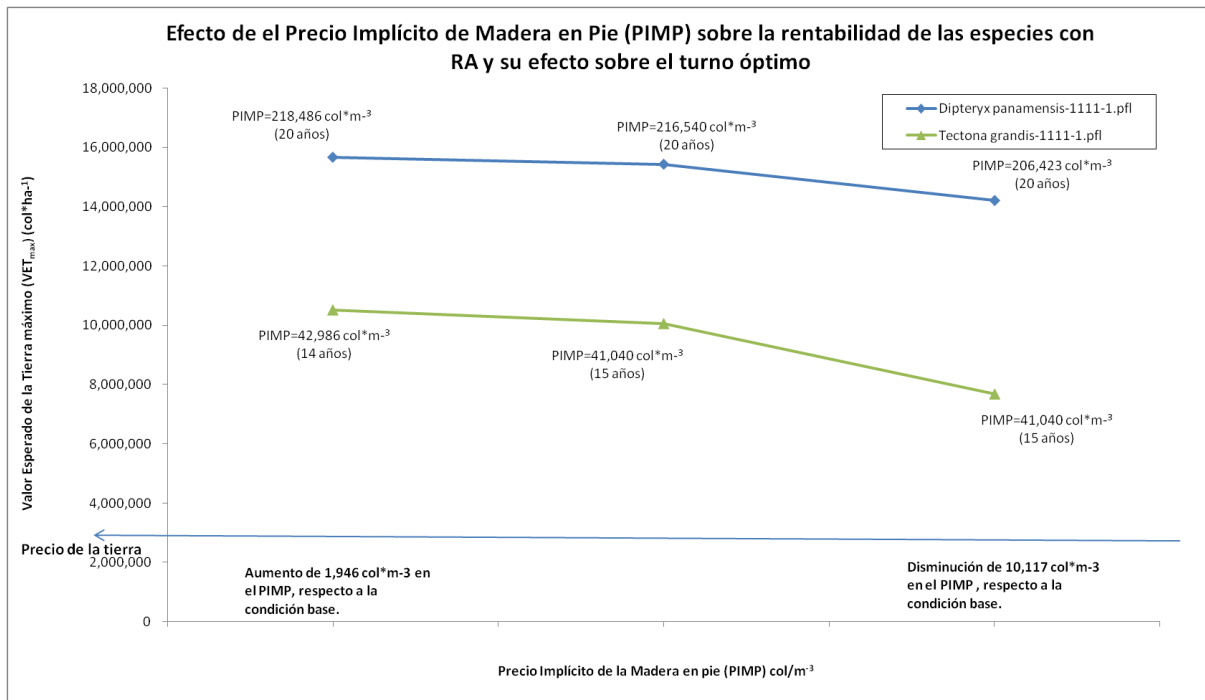


Figura 16. Efecto de la PIMP en la rentabilidad de dos especies con rentabilidad alta y su efecto sobre el turno óptimo de los rodales.

El siguiente grupo es el de las especies catalogadas como Especies de Rentabilidad Baja (RB), en este grupo el comportamiento fue muy similar luego de un aumento del PIMP las especies seleccionada aumentaron su rentabilidad en promedio en un 15%, este aumento no hizo posible que estas especies cambiaran su categoría de especies con Rentabilidad Baja aun al aumentar el PIMP, pero en el caso de una disminución en el PIMP de $10,117 \text{ col} \cdot \text{m}^{-3}$ estas especies si cambiaron su clasificación ya que luego de esta disminución las especies seleccionadas disminuyeron su rentabilidad en un 2,044% pasando de un VET_{max} superiores al precio de la tierra a un VET_{max} con rentabilidad casi nula o menores a $\text{col} \cdot \text{ha}^{-1}$, en promedio estas especies disminuyeron su rentabilidad en $3,801,980 \text{ col} \cdot \text{ha}^{-1}$ pero por ser especies que, en condición base, se encuentran muy cerca del precio de la tierra rápidamente pierden su condición de especies de rentabilidad baja y pasan ha ser especies de rentabilidad marginal.

Es importante observar que ante una disminución tan significativa en el VET_{max} , las especies seleccionadas aumentaron de manera significativa el turno de rotación óptima de 16 años a 19 años (Figura 17).

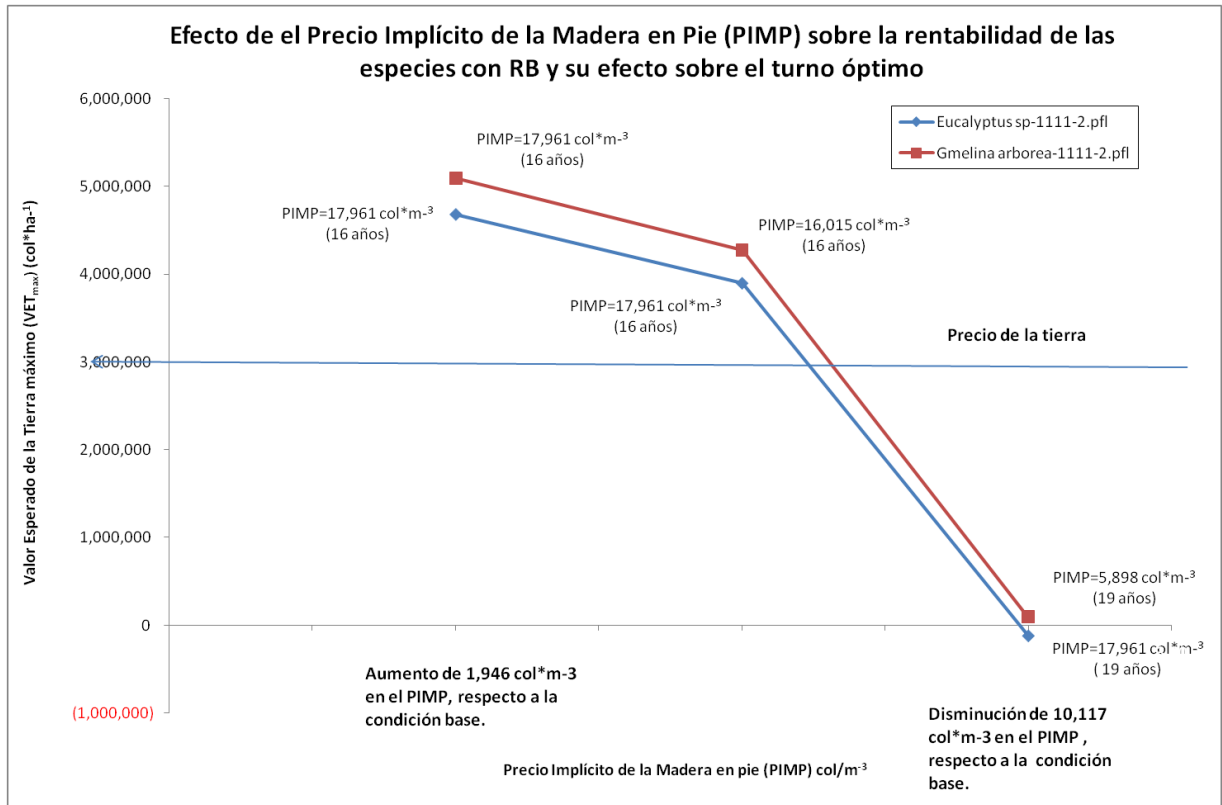


Figura 17. Efecto de la PIMP en la rentabilidad de dos especies con rentabilidad baja (RB) y su efecto sobre el turno óptimo de los rodales.

El último grupo de rodales es el grupo denominado rodales con rentabilidad marginal (RM), para este caso las especies seleccionadas fueron *Vochysia guatemalensis* y *Terminalia amazonia*, en la condición base ambas especies tiene una rentabilidad, expresada como el valor máximo del Valor Esperado de la Tierra (VET), menor al precio de la tierra promedio fijado como 3, 000,000 col*ha⁻¹, esto pues se considera la venta de la tierra como la opción más simple versus realizar cualquier inversión, en promedio en el VET_{max} para las especies seleccionada es de 2,245,718 col*ha⁻¹, en condición base estas especies no representan una buena inversión versus la venta de la tierra, de ahí que se les denomine especies con rentabilidad marginal (RM).

La primera variación de sensibilización analizada fue una aumento de 1,946 col*m⁻³ en el PIMP, si bien al menos una especie aumento su rentabilidad arriba de los 3,000,000 col*ha⁻¹, la variación en este grupo de especies fue menor en promedio, que la encontrada para otro grupo de especies ; RA ó RB, en promedio, pero aún así en porcentaje el efecto es mayor sobre las especies de rentabilidad marginal. El comportamiento después de la variación para

ambas especies (RM) fue la misma, luego de una aumento en el PIMP esto dio como resultado un aumento en la rentabilidad de la inversión en estas dos especies, caso contrario sucede al disminuir el PIMP lo cual dió como resultado una disminución de la rentabilidad y un aumento en la rotación óptima de las especies evaluadas (Figura 18).

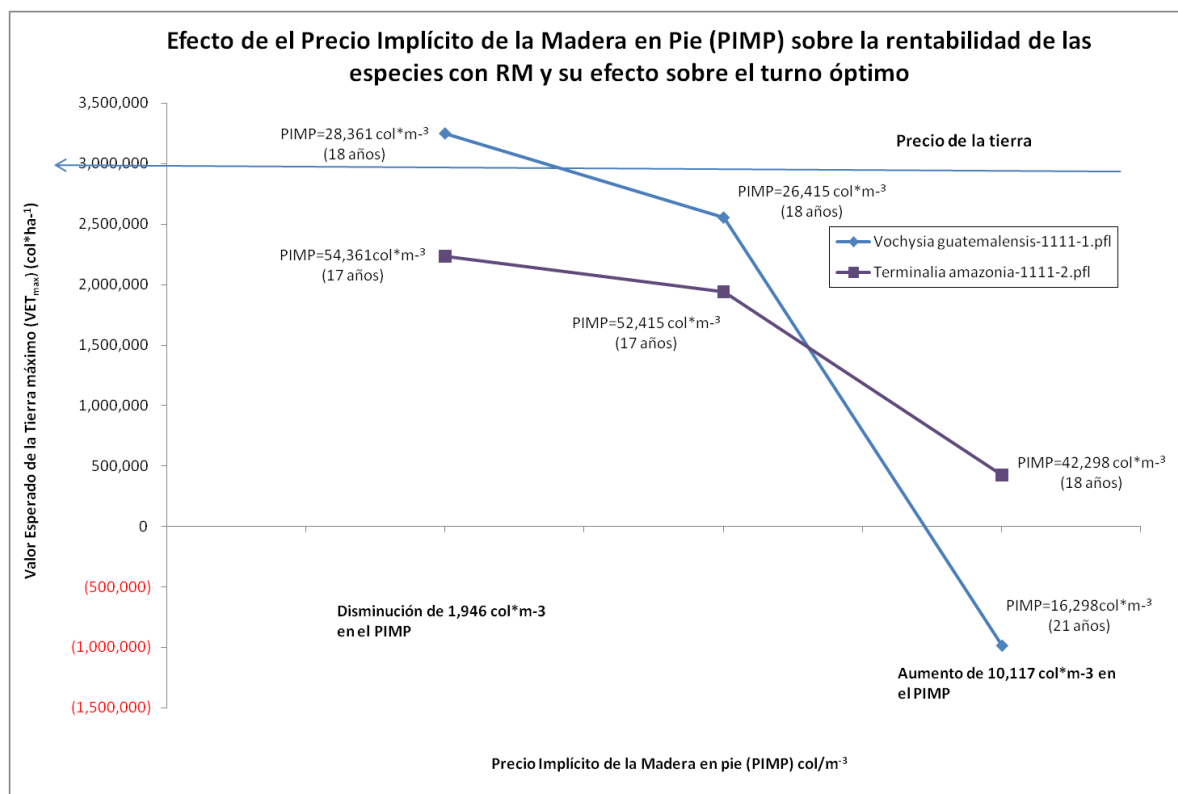


Figura 18. Efecto de la PIMP en la rentabilidad de dos especies con rentabilidad marginal (RM) y su efecto sobre el turno óptimo de los rodales.

En todas las especies fue posible demostrar que una aumento en el PIMP de 1,946 col*m⁻³ dio como resultado en un aumento en la rentabilidad desde un mínimo de un 7% hasta un 123%, el efecto mayor fue sobre las especies de rentabilidad marginal y en el caso contrario luego de una disminución en el PIMP esto dio como resultado una disminución desde 107 % hasta 2,044%, en este caso las especies más afectadas después de una disminución en el PIMP fueron las especies con Rentabilidad Baja (RB).

4.3.3 Zona de procesamiento de la madera

La distancia a la cual se procesa la madera tiene un efecto directo sobre el precio de la madera, ya que al aumentar la distancia donde se procesa la madera, el efecto directo es un aumento en los costos de transporte y por ende un menor precio de la madera en pie (PIMP), debido a que las únicas opciones en la zona son las de procesamiento en los alrededores de las plantaciones (aproximadamente 25 kilómetros), en aserraderos locales como San Carlos y a Guápiles (aproximadamente 50 kilómetros), condición base la cual es la más común y por último el procesamiento de la madera en los centros urbanos más importantes como son San José y Cartago (aproximadamente 180 kilómetros).

Los grupos de especies previamente seleccionadas fueron analizados utilizando un análisis de sensibilidad “ceteris paribus”, el cual mantiene constante todas las variables menos aquella cuya influencia se desea evaluar, en este caso la distancia de procesamiento de la madera.

El primer grupo evaluado, fueron las especies de rentabilidad alta (RA) ambas especies respondieron de la misma forma al disminuir la distancia a la zona de procesamiento; existe un aumento en la rentabilidad de un 7% en promedio, el caso contrario sucede al aumentar la distancia la rentabilidad disminuye hasta en un 107%, respecto a la condición base. Estas especies en conjunto tuvieron el mismo comportamiento; un aumento en la distancia de procesamiento y por ende un aumento en el costo de transporte dio como resultado una disminución de la rentabilidad, este grupo de especies por sus condiciones de precio y de crecimiento permiten su procesamiento en cualquiera de las regiones, si bien la rentabilidad es mayor cuanto más cerca esta del aserradero aún a 180 kilómetros estas especies siguen siendo rentables (Cuadro 19).

El siguiente grupo de especies analizado fue el de las especies con rentabilidad baja, este grupo de especies está representado por el *Eucalyptus sp* y la *Gmelina arborea*, ambas especies de rápido crecimiento y con precios de la madera intermedios, este grupo de especies en promedio luego de una disminución en la distancia de procesamiento de la madera se dio un aumento en la rentabilidad de aproximadamente 15% respecto a la condición base y por

otro lado si se aumenta la distancia en donde se procesa la madera hasta un máximo 180 kilómetros la rentabilidad disminuye en un 100% en ambos casos, la especie paso de ser una especie rentable a no serlo bajo estas condiciones, es decir estas especies no pueden llevar la carga financiera de movilizar la madera al Valle Central. El aumento en la distancia de procesamiento también dio como resultado un aumento en el turno final de las especies, por lo tanto se muestra nuevamente que estas especies no tienen la capacidad de soportar la carga financiera de procesar la madera fuera de la zona de los 50 kilómetros (Cuadro 19).

El último grupo de especies representan las especies menos rentables, rentabilidad marginal (RM), son las especies que menor posibilidad tienen de ser procesadas a mayor distancia de las plantaciones, estas especies en su mayoría pueden llegar a ser rentables solo si el procesamiento es a menos de 25 km, es de esperar que estas especies sean especies que pueden hasta comercializarse en zonas aledañas por los bajos precios de la madera, pero por el contrario cuando aumentamos la distancia ninguna de las especies es rentable y estas aumentan hasta en 2 años el turno óptimo y disminuyen su rentabilidad en un 86% respecto a la condición base (Cuadro 19)

Cuadro 19. Variaciones en el PIMP para las especies seleccionadas de la base forestal de plantaciones forestales de la Zona Norte Atlántica.

Perfil de crecimiento		25 KM		50 KM		180 KM	
		VETmax (col/ha)	Turno (años)	VETmax (col/ha)	Turno (años)	VETmax (col/ha)	Turno (años)
Dipteryx panamensis-1111-1.pfl	RA	15,668,058	20	15,434,625	20	14,220,774	20
Tectona grandis-1111-1.pfl	RA	10,518,770	14	10,058,580	15	7,682,139	15
Eucalyptus sp-1111-2.pfl	RB	4,679,188	16	3,896,143	16	(116,226)	18
Gmelina arborea-1111-2.pfl	RB	5,092,518	16	4,272,481	16	92,848	19
Vochysia guatemalensis-1111-3.pfl	RM	(1,341,317)	25	(1,469,934)	25	(2,103,267)	31
Vochysia guatemalensis-1111-1.pfl	RM	3,247,735	18	2,552,961	18	(983,145)	21
Terminalia amazonia-1111-2.pfl	RM	2,232,578	17	1,938,476	17	422,595	18

Estos resultados debe analizarse también a la luz del modelo del economista alemán H. Von Thunnen, el cual establece que los productos con mayores costos de transporte, en relación con su valor, se producirán más cerca de los lugares de consumo que los que tienen un costo más bajo de transporte (Guerra 1992). La producción de madera es una inversión con costos de transporte altos y por tanto será más factible que se produzca a distancias cortas de los aserraderos o núcleos de procesamiento.

Como expone el modelo de Von Thunnen los productos con altos costos de transportes o con costos de transporte muy sensibles a variaciones, como se demostró en el capítulo anterior, se van a producir más cerca de los centros de procesamiento, la distancia promedio para las especies luego del análisis de sensibilidad se demostró que debe ser igual o menor a las 50 km.

Si observamos la ubicación de las plantaciones en la Zona Norte y Atlántica estas están ubicadas a un radio de menos de 50 kilómetros de centros de población como Upala, los Chiles, Sarapiquí, Pital, Aguazarcas, etc. Por tanto la reactivación del procesamiento de plantaciones en zonas con distancias menores a los 50 kilómetros es deseable.

4.3.4 Incentivos

La condición base analizada como referencia para el análisis de sensibilidad es incluir todas las plantaciones evaluadas al sistema de PSA (Pago por Servicios Ambientales), este es el escenario al cual se enfrenta un productor que quiere aumentar la rentabilidad de su plantación, incluirse al sistema de PSA por un período de 5 años. Con la finalidad de determinar el efecto del PSA se crearon el escenario sin PSA y un escenario similar al que se utiliza en proyectos con Bosque Natural, donde el monto a pagar es menor pero es a 5 años prorrogables, en este caso hasta el turno final.

Las especies con RA en su condición base; con PSA, presentan la rentabilidad mayor, pero al eliminar el PSA la rentabilidad disminuye en un porcentaje bajo (6.57% sobre la condición base) estas especies son por lo tanto poco sensibles al PSA, si el monto de PSA se mantiene constante por el turno de la especie y pagando el mismo momento que se paga actualmente por protección de Bosque 320 \$*ha⁻¹, con desembolsos del 20% anual y prorrogable, la situación es bastante similar, la rentabilidad aumenta en un 0.41% gracias a la inclusión de un monto fijo como incentivo, en tanto la variación en el turno óptimo fue en promedio de 2 años, lo cual muestra que ambos incentivos tienen poco efecto sobre la rentabilidad en este grupo de especies (Figura 19) (Anexo 10).

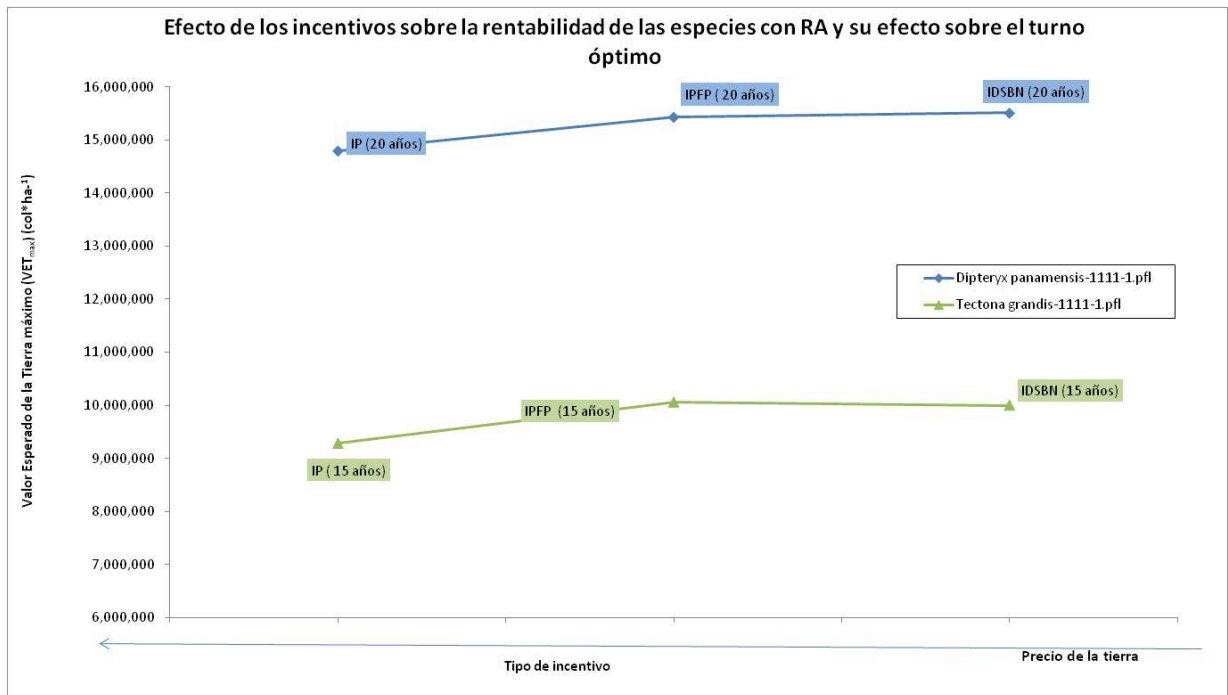


Figura 19. Efecto de los incentivos en la rentabilidad de dos especies con rentabilidad alta y su efecto sobre el turno óptimo de los rodales.

En el siguiente grupo RB, el efecto sobre la rentabilidad fue mayor si lo comparamos con las especies RA, la disminución en la rentabilidad, al eliminar el PSA, para estas especies fue en promedio de 15.66%, y de 0.47 % mediante la inclusión de un monto fijo por el turno de rotación, esto es importante porque muestra que el PSA como incentivo no está afectado la rentabilidad de forma positiva, por otro lado si tomamos en cuenta la rotación optima ninguno de los incentivos seleccionados es lo suficientemente sensible como para afectar la rotación optima (Figura 20) (Anexo 10).

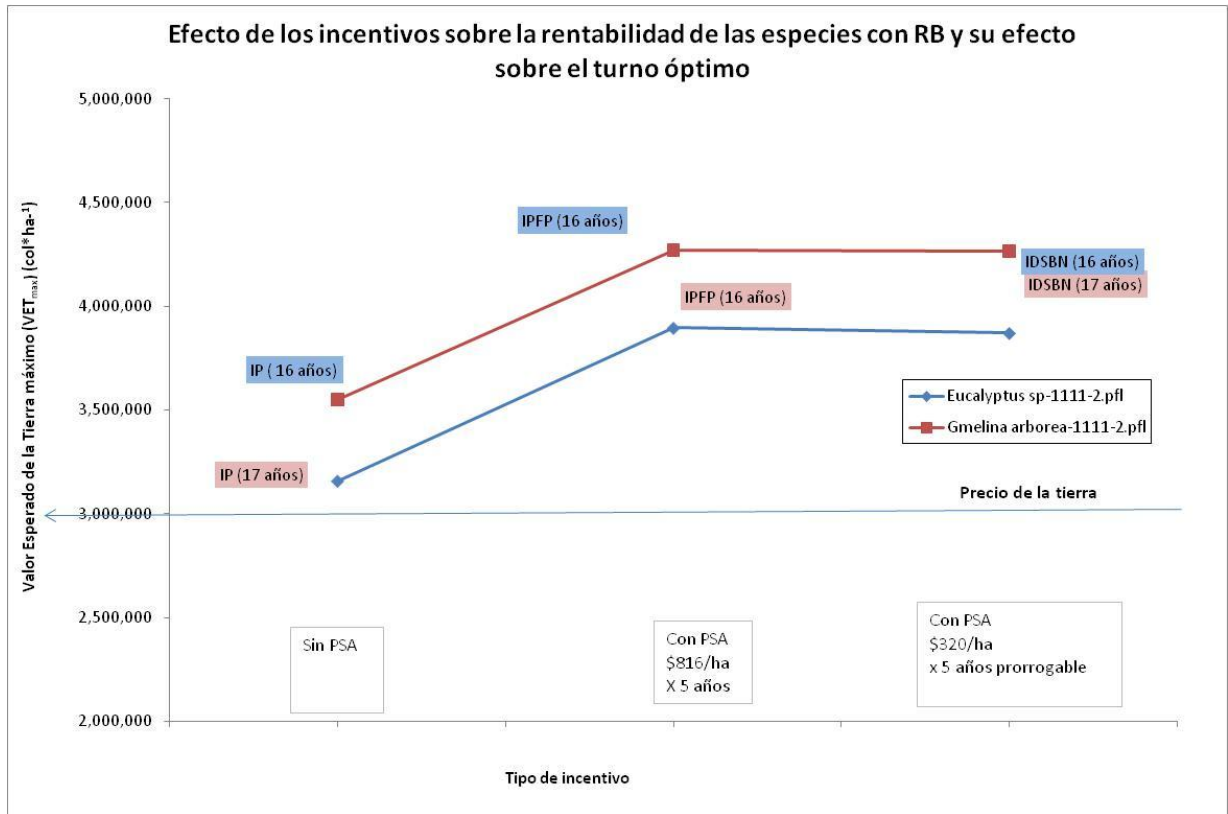


Figura 20. Efecto de los incentivos en la rentabilidad de dos especies con rentabilidad baja y su efecto sobre el turno óptimo de los rodales.

Las especies de rentabilidad nula confirman el comportamiento de las especies con rentabilidad RA y RB , hacía una disminución de la rentabilidad al excluir los PSA, en promedio la rentabilidad disminuye $637,902 \text{ col*ha}^{-1}$, lo cual para este grupo de especies corresponde a un 33,07 %, respecto a la condición base esto es un porcentaje alto pues la rentabilidad de estas especies muy bajo pero ninguna de la especie puso de su estado actual de marginalidad con la eliminación del PSA, por otro lado si se incluye un monto fijo por todo el turno de la especies, la rentabilidad aumenta en $78,636 \text{ col*ha}^{-1}$, lo cual corresponde a un 3.13% de la rentabilidad en la condición base (Figura 21) (Anexo 10).

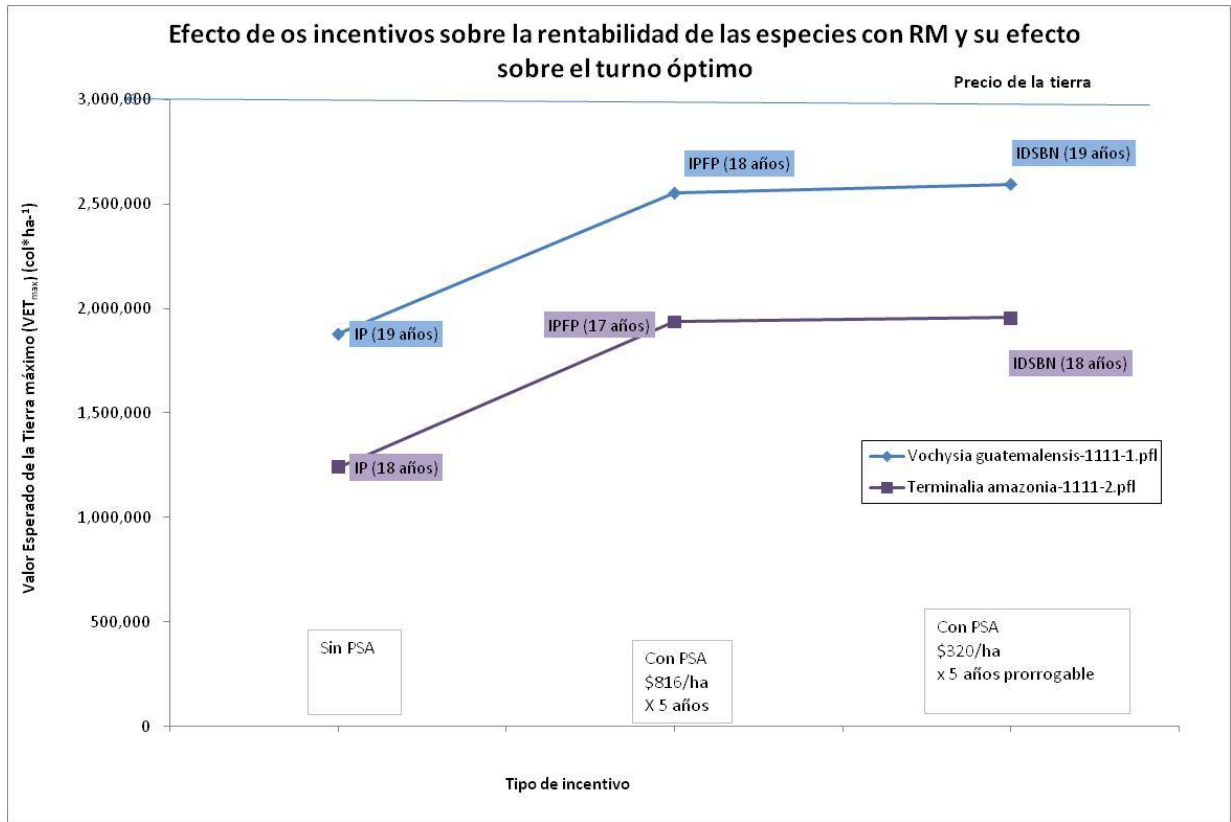


Figura 21. Efecto de los incentivos en la rentabilidad de dos especies con rentabilidad marginal y su efecto sobre el turno óptimo de los rodales.

En total todas las especies con y sin incentivos mantienen su carácter de rentabilidad, sea esta alta (RA), baja(RB) o marginal (RM), ninguna de las variables hace, que los rodales ni una especie en particular cambien su rentabilidad a nula ni aumente su rentabilidad, esto es importante si consideramos que según el PENDHS 2006 en el año 2005 se incentivaron 3,602 ha en el país solamente bajo la modalidad de reforestación con un costo solo por desembolsos, para el estado; de \$2,939,232 un aproximado de 1,444,632,528 colones solo para este año, los cuales están afectando la inversión en promedio solo en un 10% en promedio para las especies.

4.3.5 Estimación del volumen proyectado

La estimación del volumen total proyectado de la base forestal de plantaciones es considerada una variable importante y por ende se seleccionó como variable a sensibilizar. La magnitud de este efecto sobre la rentabilidad es una de las cosas que se logró determinar,

principalmente porque como se ha visto con otras variables el comportamiento es siempre muy claro pero entre diferentes variables existe diferente magnitud en el efecto sobre la rentabilidad, entre mayor sea el efecto (en magnitud col*ha^{-1}) mayor será la sensibilidad de la variable y por ende la atención que se le debe prestar a esta variable o lo que esta variable representa.

Se logró demostrar que una sobrestimación del 10% en el volumen en pie de la base forestal de plantaciones forestales da como resultado un aumento en la rentabilidad de cualquiera de los grupos de especies y una subestimación del 10% en el volumen en pie trae consigo una disminución de la rentabilidad. En cuanto al turno óptimo solamente existe una disminución de 1 año en algunas especies, no es todas lo cual quiere decir que el efecto no es importante, porque no llega a representar ni un año. El efecto de esta variación fue similar para todas las especies, para las especies RA, la rentabilidad aumentó en un 8% si existe una sobrestimación del volumen en pie del 10% en la base forestal y una disminución del 9% si existe un subestimación del volumen en pie del 10% en la base forestal, las especies RB de la misma forma aumenta su rentabilidad en un 5% si existe una sobrestimación del 10% respecto al volumen en pie calculado y una disminución del 12% si existe una subestimación del 10% en el volumen en pie, mientras que las especies RM ven su rentabilidad afectada en un 10% y en una 3 % si existe una subestimación y si hay una sobrestimación del 10% respectivamente(*Anexos 9 y 10*).

Las especie seleccionadas como especies con rentabilidad marginal (RM) se comportaron de la misma forma que las otras especies, una disminución en el volumen esperado del 10% dió como resultado una disminución de la rentabilidad en el orden del 10% mientras que un aumento del 10% en el rendimiento solamente logro aumentar en promedio un 3% la rentabilidad, la sensibilidad respecto al turno óptimo fue mucho menor y no afecto el turno de ninguna de las especies (Figura 22).

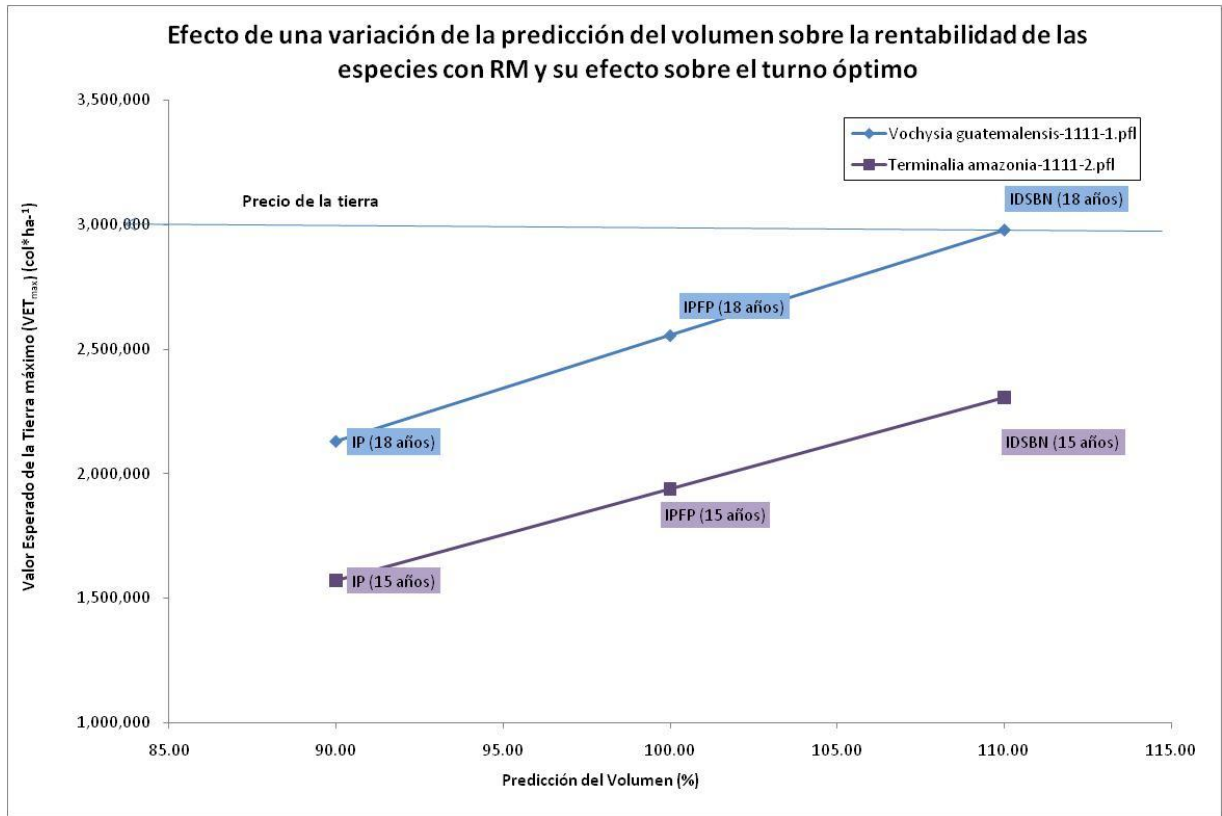


Figura 22. Efecto de la estimación del volumen en pie, en la rentabilidad de dos especies con rentabilidad marginal y su efecto sobre el turno óptimo de los rodales.

Como se ha observado existe un conjunto de especies con una rentabilidad muy alta y que son especies de alto valor comercial, seguidas por un grupo de especies de crecimiento rápido que tiene precios de la madera promedios, pero que por la cantidad de volumen de madera en pie hace que la especie sea rentable, por último el grupo de especies que presentaron rentabilidad marginal (en promedio) se componen de especies con crecimientos pobres, algunos casos, en otros casos precios de madera bajo o ambos. Como se muestra existe una gran cantidad de especies con rentabilidad marginal, esto no quiere decir necesariamente que la especie como tal sea una especie marginal, sino que su comportamiento en promedio fue marginal, ya que algunas especies como la *Gmelina arborea* represento rodales con rentabilidades alta y bajas pero su gran mayoría, en términos de área plantada, se encuentra en condición de marginalidad (Anexo 5).

De las variables analizadas; TMA, PIMP, Distancia, PSA y Volumen proyectado fue posible determinar que todas influyen sobre la rentabilidad de las plantaciones forestales, la variable que mayor influencia tuvo sobre la rentabilidad fue la TMA, la cual describe a un

productor y su costo capital, seguidamente se encuentra el precio de la madera en pie y la distancia a los centros de procesamiento, es importante mencionar que la variable que más afecta la rentabilidad corresponde a una variable que describe el perfil de inversionista, un inversionista que no tiene fondos para invertir siempre tendrá la misma prisa por el capital y siempre deberá acudir a préstamos o cualquier otro mecanismo de financiamiento, por el contrario las otras variables pueden verse beneficiadas mediante el fomento a la actividad forestal.

Se logró demostrar que la inversión forestal en plantaciones forestales se ve más afectada en su rentabilidad por un aumento en el precio de la madera en pie o por una disminución en la distancia de procesamiento que por la inclusión del PSA como incentivo, esto es interesante si observamos la cantidad de recursos que se utilizan para incentivar la reforestación mediante el PSA cuando aun incentivando la actividad de esta forma no es posible aumentar su rentabilidad de manera considerable. El productor es por sí solo un factor importante de cambio en la percepción de la gente, por lo tanto si un productor que fue incentivado por el estado a reforestar con cualquier especie que al terminar una cosecha no esté interesado en replantar porque la actividad no le fue rentable no incentivaría a nadie a hacer la misma inversión.

Estos factores son más propios del mercado y se deben en algunos casos a situaciones ajenas al control del estado, pero aun así es posible incrementar el valor de la Madera en pie si disminuimos la distancia a la cual se procesa la madera, esto ya ha sido ampliamente discutido y vuelve a ser un tema importante.

4.4 Objetivo 4: Determinar el aporte de las plantaciones al abastecimiento presente y futuro de madera en la Zona Norte de Costa Rica.

La demanda de madera en Costa Rica está bien monitoreada por la Oficina Nacional Forestal, la cual publica registros anuales del consumo de madera según las fuentes de las cuales provienen y según el área donde se produce el consumo, estos registros son los últimos publicados por la ONF (Cuadro 20). Para efectos de este estudio se tomaron en cuenta los

aserraderos reportados en la Zonas Huetar Norte y Huetar Atlántico y el consumo proveniente de plantaciones forestales.

Cuadro 20. Consumo de madera en rollo de los aserraderos según región geográfica (Arce y Barrantes 2006).

Región	Fuentes			Total x región (m ³ -r)
	Bosque (m ³ -r)	Plantaciones (m ³ -r)	Potreros (m ³ -r)	
Valle Central	30,960	55,597	21,415	107,972
Pacífico Central	215	20,092	1,338	21,645
Huetar Atlántica	11,841	89,590	15,326	116,757
Brunca	185	42,224	1,535	43,944
Chorotega	1,535	26,658	3,500	31,693
Huetar Norte	6,732	221,777	28,113	256,622
Totales	51,468	455,938	71,227	578,633

Además del consumo reportado por aserraderos fijos para esta zona, existe según los autores (Arce & Barrantes 2006) una cantidad de madera en rollo que es utilizada para tarimas y que no pasa por aserraderos portátiles sin por aserraderos móviles o temporales, por ser un monto importante se consideró fuera de las estadísticas por región y corresponde a 206,599 m³-r concentrado en las zonas Brunca, Huetar Norte y Huetar Atlántico, se considera que en cada zona se produce un tercio del total, la zona de estudio consume por tanto dos tercios del total, lo cual representa 137,733 m³-r. Gracias a este desglose general es posible determinar que la zona de estudio históricamente consume el 67% de la madera en rollo proveniente de plantaciones forestales a nivel nacional (Cuadro 21).

Cuadro 21. Consumo de madera proveniente de plantaciones en la zona Norte y Atlántica de Costa Rica.

Demanda de madera			
Zona de Estudio	Proveniente de Plantaciones (m ³ -r)	Observ.	
1. Huetar Atlántico /según aserraderos	89,590	A	
2. Huetar Norte /según aserraderos	221,777	B	
3. Tarimas no incluido en aserraderos	137,733	C	(1)
Subtotal	449,100	D	(2)
Aporte de las plantaciones al consumo nacional	666,643	E	(3)
Porcentaje del aporte nacional de plantaciones cubierto por la zona en estudio	67.37%	F	

(1) Según los autores las tarimas se producen principalmente en la Región Brunca, Región Huetar Norte y Región Huetar Atlántico para un total de 206,599 m³, por tanto se estimó que cada zona aporta un tercio del total (137,732 m³)

(2) D = A + B + C

(3) 64% del consumo nacional (1,018,569 m³)

(4) F = D/E

Fuente: Arce y Barrantes 2006

En total se determinó que la zona en estudio históricamente consume el 67% del total de madera proveniente de plantaciones a nivel nacional, lo cual para el año 2005 representó 449,100 m³-r. Los autores consultados (Arce & Barrantes 2006) consideran que en el escenario conservador la demanda por madera a nivel nacional podría crecer un 2% por tanto la zona debería producir un total de 476,588 m³-r en el 2008 hasta un máximo de 703,327 m³-r en el año 2028. Solamente por concepto de tarimas esta misma zona está en la necesidad de producir 146,1623 m³-r en el 2008 hasta un máximo de 217,189 m³-r.

Por el lado de la oferta, fue necesario realizar una colecta de información intentando capturar la mayor cantidad de rodales, utilizando todas las fuentes de información posibles, tanto a nivel de oficina como a nivel de campo; durante esta fase se logró determinar que existe una base forestal de plantaciones comprendida por 409 rodales para un total de 6,405.15 ha, las mismas van desde plantaciones con 21 años hasta plantaciones con solo un año de haberse establecido, en promedio el tamaño de las fincas fue de 14.11 ha, esto pues se tomaron en cuenta todo tipo de rodales, rodales pequeños o rodales grandes sin importar su estado.

Durante la evaluación se encontró que la base forestal de plantaciones, que determinarán la oferta presente y futura de madera proveniente de plantaciones, está comprendida por un total de 19 especies, entre las cuales las más importantes en términos de área plantada son: *Tectona grandis*, *Gmelina arborea*, *Cordia alliodora*, *Vochysia guatemalensis* y *Hieronima alchorneoides*, de estas cinco especies dos de ellas representan el 78.28% del total (*Tectona grandis* y *Gmelina arborea*) lo cual era de esperar por la experiencia que existe con ambas especies en la zona y la alta demanda que tienen las mismas entre los productores (Figura 23).

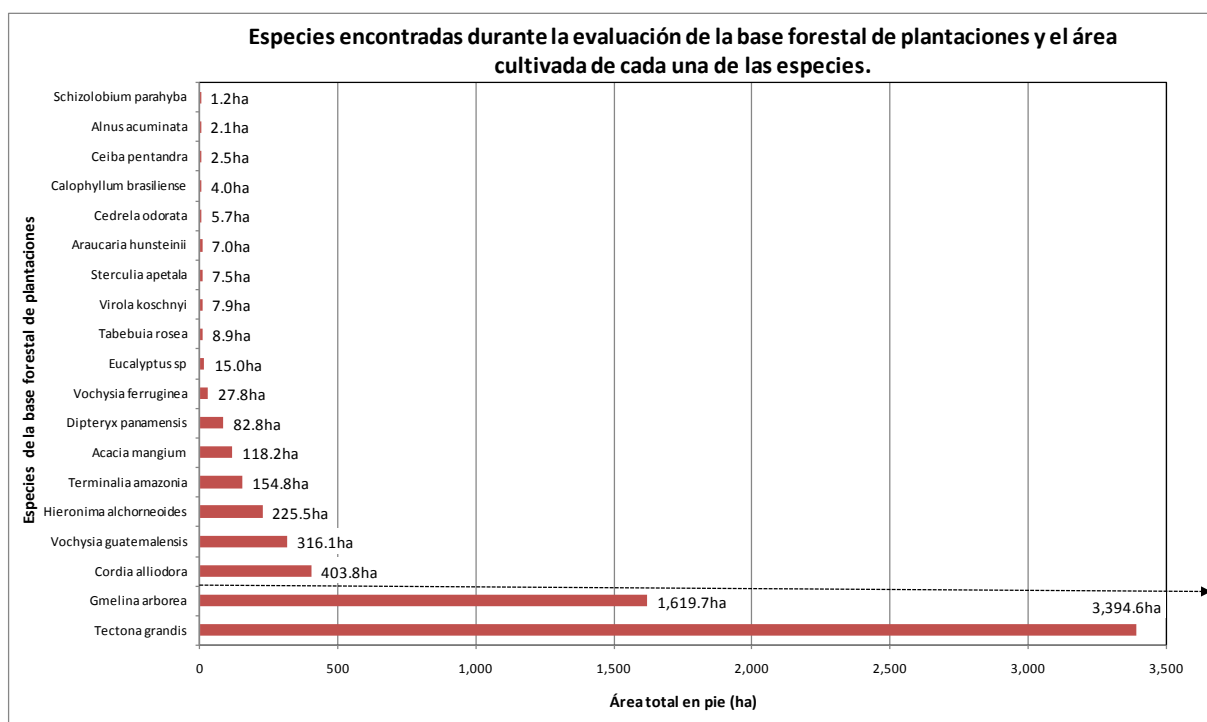


Figura 23. Especies encontradas durante la evaluación de la base forestal de plantaciones y el área cultivada de cada una de las especies.

La composición de la base forestal de plantaciones es bastante heterogénea y está dominada por dos especies y en su mayoría por plantaciones jóvenes, el grueso de las plantaciones fueron establecidas entre el año 2000 y el año 2006 (73.33% del total), existe un remanente de plantaciones establecidas entre 1992 y 2000 (20.17% del total). Por último se encontraron 0.86 ha en rodales establecidos entre 1989-1991, esto rodales como era de esperar son remanentes de rodales viejos que no se cosecharon en su totalidad, un caso ha rescatar es el rodal establecido en 1987 y que se encuentra en pie, este rodal que fue de los primeros rodales establecidos para la exoneración de impuestos y según los datos observados es un rodal de baja calidad (Figura 24). Según los registros consultados FONAFIFO ha incentivado en esta zona aproximadamente 11,461 ha desde el año 1998 y hasta el año 2006, para un promedio de 1,273 ha por año.

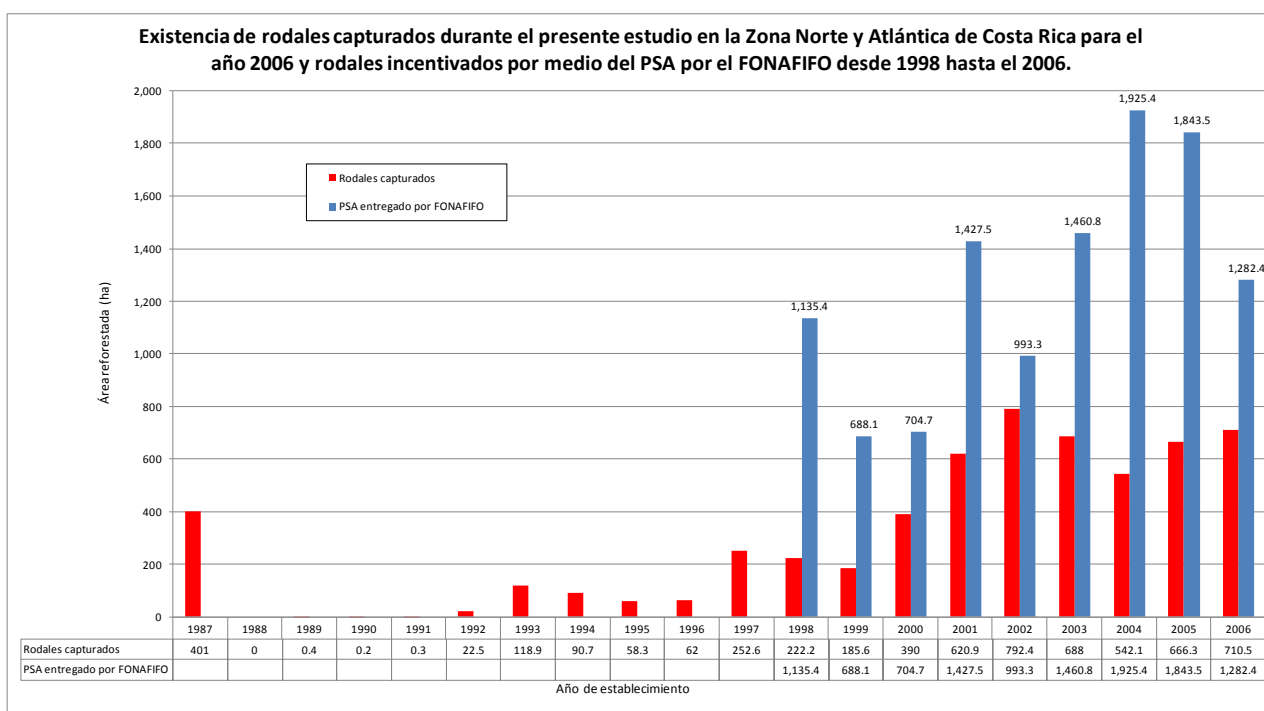


Figura 24. Existencias de rodales capturados por este estudio en la Zona Norte y Atlántica de Costa Rica para el año 2007 y rodales incentivados por medio de PSA por FONAFIFO desde 1998 hasta el 2006. Fuente: PENDHS 2006 y datos propios

De los rodales evaluados se encontró que la plantación promedio tiene una edad de 5.5 años, un diámetro a la altura del pecho DAP de 12.63 cm y una altura H de 9.63 m, así mismo la plantación más joven es de menos de un año y la más antigua tiene 21 años, el diámetro

máximo encontrado fue de un rodal de *Vochysia guatemalensis* y fue de 54.27 cm y el mínimo fue de 0.45 cm y era de la especie *Hieronima alchorneoides*. Considerando los valores promedios para cada edad fue posible determinar en promedio el volumen en pie en la actualidad de los rodales según edad, esto con la intención de demostrar el estado de las plantaciones, siendo así la plantación promedio de 5 años para el momento de la evaluación tiene un árbol promedio con un volumen de 0.154 m³ lo cual para una plantación promedio de 555 arb*ha⁻¹ es de 85.54 m³*ha⁻¹, una plantación promedio en la zona con 10 años de edad al momento de esta evaluación tiene un árbol promedio de 20.82 cm de diámetros (DAP) una altura de 16.31 m de altura (H) y un volumen promedio por árbol de 0.555 m³*arb⁻¹, si proviene de un rodal con una densidad inicial de 1,111 arb*ha⁻¹ y si ha recibido al menos dos raleos, y tiene en pie aproximadamente 250 arb*ha⁻¹ para un volumen de 138.8 m³*ha⁻¹, comparado eso con los escenarios creados por Perez 1998 para plantaciones de *Tectona grandis* en Costa Rica se observa que los datos corresponde a rodales con crecimientos reportado dentro de lo normal, esto pues aquí se consideran rodales de otras especies que producen más volumen por unidad de área como la *Gmelina arborea* o la *Vochysia guatemalensis* por mencionar solo dos (Figura 25).

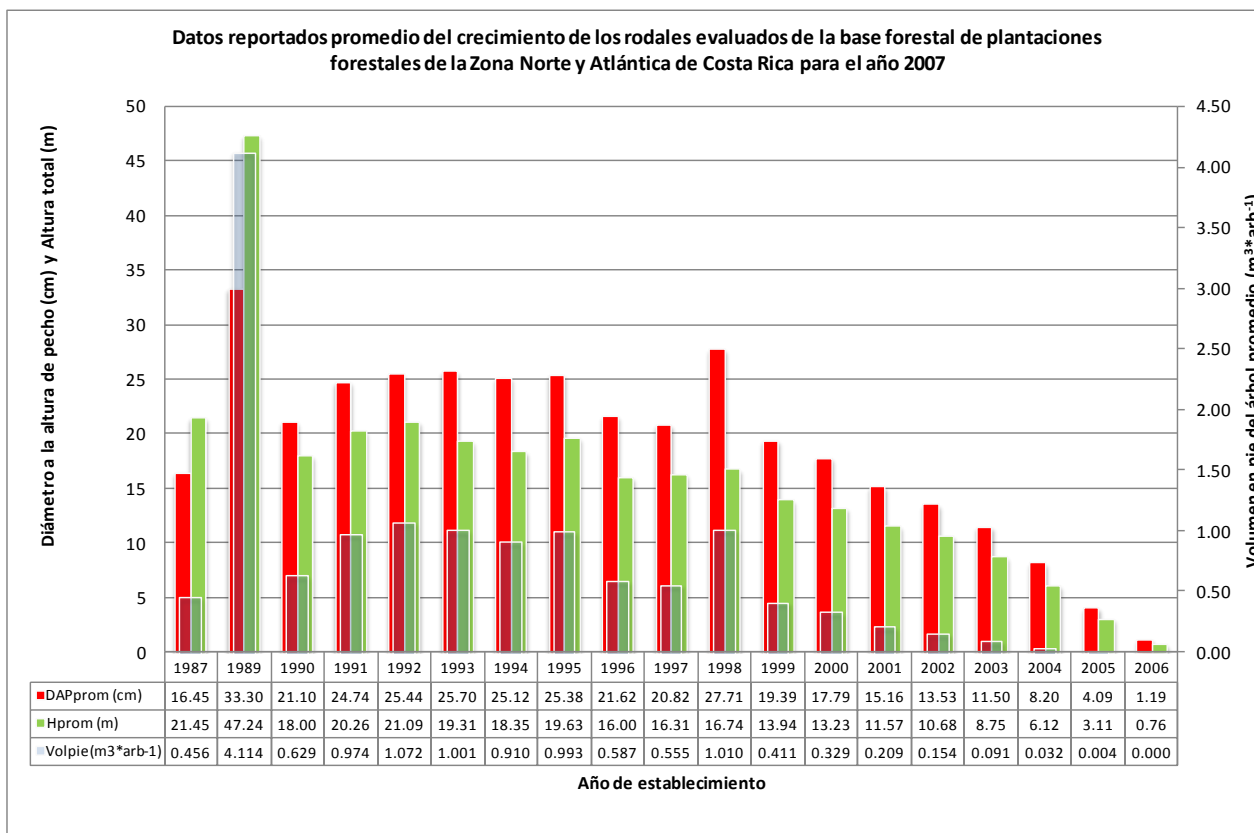


Figura 25. Datos reportados promedio del crecimiento de los rodales evaluados de la base forestal de plantaciones forestales de la Zona Norte y Atlántica de Costa Rica para el año 2007.

Los rodales evaluados son muy variados en cuanto a crecimiento, tanto en términos de magnitud como en términos de velocidad, por tanto fue necesario analizar las especies en forma individual, para cada grupo de rodales de la misma especie se encontró el modelo de mejor ajuste de la altura total (m), utilizando los modelos genéricos de Chapman y Richards citados por Montero y Kanninen 2003, en total se crearon 19 modelos genéricos de crecimiento de la altura (m) en función del índice de sitio (IC), para el caso del diámetro a la altura del pecho DAP (cm) se crearon un total de 40 modelos genéricos de crecimiento utilizando los datos colectados, para las especies que mostraron mucha variabilidad en el DAP se crearon hasta 3 modelos por especie, para algunas especies un solo modelo permite describir los rodales evaluados por lo tanto solo fue necesario un modelo de DAP.

La combinación entre 19 especies, 40 modelos genéricos de crecimiento en DAP, 19 modelos genéricos en H y 4 diferentes densidades, derivó en un total de 64 perfiles de crecimiento (Cuadro 22)(Anexos 1 y 2), los cuales permiten modelar el crecimiento de los 409 rodales en función de la edad de los rodales (T) por tanto es posible determinar, basado en el

estado actual, cuál sería el estado de los rodales en pie, que forman parte de la base forestal de plantaciones forestales.

Cuadro 22. Resumen de los modelos genéricos de crecimiento de la altura total promedio (H), diámetro a la altura del pecho (DAP) según las densidades de los rodales que conforman la base forestal de plantaciones en la Zona Norte Atlántica de Costa Rica.

Especie (sp)	Cantidad perfiles (#)	Perfiles
<i>Acacia mangium</i>	6	1-6
<i>Alnus acuminata</i>	1	7
<i>Araucaria hunsteinii</i>	1	8
<i>Calophyllum brasiliense</i>	2	9-10
<i>Cedrela odorata</i>	1	11
<i>Ceiba pentandra</i>	1	12
<i>Cordia alliodora</i>	4	13-16
<i>Dipteryx panamensis</i>	4	17-20
<i>Eucalyptus sp</i>	1	21
<i>Gmelina arborea</i>	9	22-30
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	5	31-35
<i>Schizolobium parahyba</i>	1	36
<i>Sterculia apetala</i>	1	37
<i>Tabebuia rosea</i>	1	38
<i>Tectona grandis</i>	6	39-44
<i>Terminalia amazonia</i>	6	45-50
<i>Virola koschnyi</i>	5	51-55
<i>Vochysia ferruginea</i>	3	56-58
<i>Vochysia guatemalensis</i>	6	59-64
	64	1-64

Fuente: Elaboración propia (Anexo 1)

Los modelos creados permitieron realizar una proyección del potencial de aporte de las plantaciones actuales al consumo de madera en la zona; el primer escenario incluyó solamente las plantaciones capturadas en este estudio y no toma en cuenta nuevos ingresos de rodales, solamente se incluye el replante de los rodales que durante la evaluación de la rentabilidad presentaron rentabilidad alta o baja no así los rodales con rentabilidad marginal, las segundas rotaciones de estos nuevos rodales se basan en los modelos genéricos y no prevén variaciones en la densidad ni cambios en las especies por lo tanto se asume que el nuevo rodal, debido a que resultó rentable para el productor, se replantará igual que el que hoy en día está en pie.

Los resultados presentados hasta este momento incluyen solamente los rodales que se lograron capturar por este estudio y corresponde al aporte de 6,405.15 ha. El estudio que mayor cantidad de plantaciones logró capturar para todo el país fue el realizado por Calvo et al

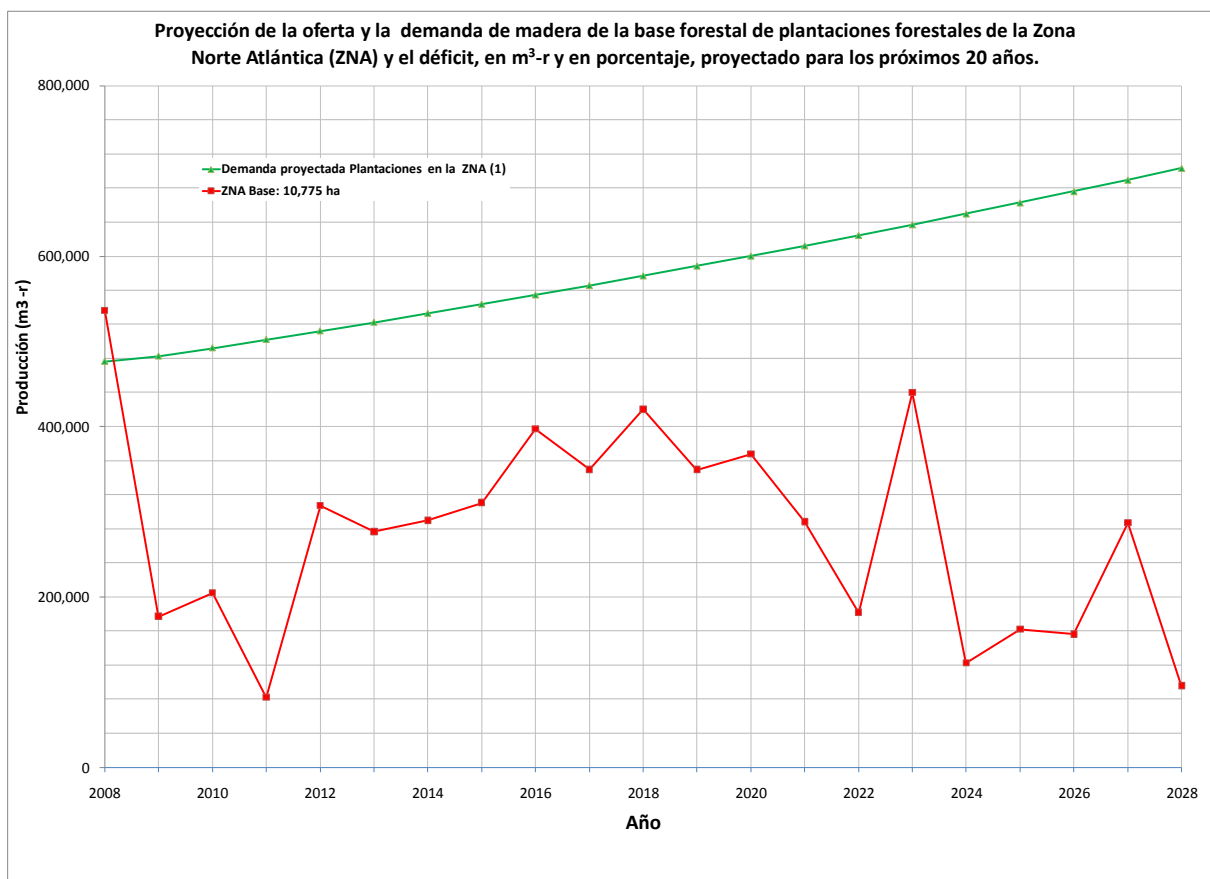
2006, con un total de 100,547 ha, pero este estudio consideró rodales que no están en pie en este momento y se podría decir que es lo que históricamente se ha establecido mas no lo que está en pie. Otros autores coinciden en decir que solamente un 52.73% de esta cantidad está en pie, debido a la liquidación temprana de los rodales y a la disminución en la tasa de reforestación (Arce y Barrantes 2004, Rodríguez 2005). Por lo tanto si Calvo et al 2006 lograron capturar 20,435 ha en la Zona Norte y Atlántico de Costa Rica (ZNA) y según los autores consultados solo el 52.73% (10,775 ha) se encuentra actualmente en pie y de este total en pie se lograron evaluar 6,405.15 ha y asumiendo que la composición de las restantes 4,369.85 ha es igual a la base evaluada, entonces tendríamos una base compuesta por 10,775 ha la cual será la encargada de proveer madera a la zona (Cuadro 23).

Bajo estas condiciones, la base forestal de plantaciones forestal evaluada está en capacidad de producir en promedio un total de 276,351 m³-r por año, inicialmente el aporte de la base forestal es alta debido principalmente a la liquidación de los rodales maduros que se lograron colectar como el caso de los rodales de *Cordia alliodora* (400,1 ha), pero después del año dos de la modelación (año 2009) el aporte se consolida en 263,368 m³-r por año, esto porque la modelación considera la liquidación inmediata de los rodales que están en estado de madurez de acuerdo con los perfiles de crecimiento y manejo especificados en el programa SILVIA. El año donde el aporte de la base forestal es mayor es en el año 15 de la modelación (año 2022), en este momento los rodales establecidos en el 2006 tienen una edad de 14 años y los establecidos en el 200 tienen 22 años de edad y como se observó anteriormente, entre estos dos años es donde se encontraron más rodales.

Cuadro 23. Proyección de la oferta y demanda de madera de la base forestal de plantaciones forestales de la Zona Norte Atlántica (ZNA) y el déficit esperado, en m³-r y en porcentaje, proyectado para los próximos 20 años.

Año	Oferta de la ZNA Base: 10,775 ha (m³)	Demanda proyectada Plantaciones en la ZNA (1) (m³-r)	Deficit Proyectado (m³-r)	Deficit Proyectado (%)
2008	536,010	476,588	-59,422	-12.5%
2009	177,325	482,785	305,461	63.3%
2010	204,937	492,441	287,504	58.4%
2011	82,410	502,290	419,879	83.6%
2012	307,071	512,335	205,265	40.1%
2013	276,727	522,582	245,855	47.0%
2014	289,853	533,034	243,180	45.6%
2015	310,683	543,694	233,011	42.9%
2016	397,474	554,568	157,094	28.3%
2017	349,611	565,660	216,049	38.2%
2018	420,106	576,973	156,867	27.2%
2019	349,426	588,512	239,087	40.6%
2020	367,779	600,283	232,503	38.7%
2021	288,383	612,288	323,905	52.9%
2022	181,966	624,534	442,568	70.9%
2023	439,895	637,025	197,130	30.9%
2024	122,495	649,765	527,270	81.1%
2025	161,997	662,761	500,764	75.6%
2026	156,493	676,016	519,522	76.9%
2027	286,877	689,536	402,659	58.4%
2028	95,853	703,327	607,474	86.4%
Promedio	276,351	581,286	304,935	51.2%

Importante observar que ni a los inicios de la estimación, ni al pasar los años existe una situación de superávit, es mas existen años donde el déficit supera el 70%. En los próximos 10 años el déficit proyectado en este escenario, de liquidación de los rodales actuales, será de aproximadamente 43.5%, esto nos muestra claramente que la situación de desabastecimiento es de considerar no solo por el abastecimiento actual sino por el abastecimiento futuro. Como se dijo anteriormente se prevé un aumento de la demanda por madera de un 2% anual para los siguientes 20 años y bajo este escenario no es posible que la oferta actual de la base forestal de plantaciones pueda cubrir la demanda ni aún en el caso hipotético que la demanda no aumente (Figura 26).



Fuente: Datos propios.

Figura 26. Escenario de abastecimiento de madera proveniente de la base forestal de plantaciones forestales de la Zona Norte Atlántico de Costa Rica para los próximos 20 años.

La composición, pero sobre todo la magnitud de la base forestal de plantaciones en la Zona Norte Atlántico no permite cubrir la demanda proyectada de madera para los próximos 20 años. Los primeros años son los más críticos pues en el corto plazo es imposible cubrir la demanda, pero el establecimiento continuo de plantaciones en la zona permitirá cubrir la demanda futura, por tanto cualquier incentivo, que permita el aumento de la base forestal de plantaciones nos permitiría no depender de otras fuentes para cubrir la demanda futura.

Los déficit proyectados podrían ser cubiertos por una estrategia de reactivación del cultivo de madera como una actividad rentable, basado en los resultados observados del análisis de sensibilidad, se proponen escenarios donde se incluyen los perfiles más rentables;

rodales de rentabilidad alta y baja con el objetivo de cubrir el déficit de madera proyectada. Según los datos de FONAFIFO para la región, desde el año 1998 hasta el año 2006 FONAFIFO ha incentivado mediante PSA 11,461 para un promedio de 1,273 ha*año⁻¹. Basado en esto se presentan dos escenarios para intentar cubrir la demanda de madera mediante la inclusión de al menos dos perfiles de crecimiento en la base forestal de plantaciones mediante una tasa de establecimiento de plantaciones anual, los perfiles seleccionados corresponde a una especie de crecimiento lento y precio alto de la madera y el otro perfil corresponde a una especie de crecimiento medio y valor medio, cada una de ellas representa el comportamiento del grupo de especies de rentabilidad alta (RA) y el grupo de especies de rentabilidad baja (RB).

4.4.1 La producción de tarimas y el abastecimiento de madera.

Según los datos publicados por Arce & Barrantes 2004 y Barrantes & Salazar 2005, el consumo de madera para la producción de tarimas en la zona es importante y eso afectará el abastecimiento de madera futuro, según los autores la zona consume aproximadamente 137,733 m³-r solo para la producción de tarimas, esta actividad históricamente se ha aprovechado de bajos precios de la madera, pero debido a la alta demanda de madera para tarimas, se ha encontrado que para el período de julio 2005 a marzo 2006 el valor de la madera de Melina para tarimas aumentó su valor en pie en promedio un 23%, al mismo tiempo los semiduros comunes aumentaron en un 25%, para el mismo período (Barrantes & Salazar 2006), esto nos indica que no todo el mercado de tarimas es malo y que los precios tienden a subir igual que los precios de maderas sustitutos como los semiduros que pueden ser consumidos como tarimas. Al existir una demanda tan alta por madera para tarimas y poca oferta los precios tienden a subir y esto como pudimos observar siempre es una variable significativa en la rentabilidad de un rodal.

Por otro lado la brecha de precios entre los semiduros comunes y la madera para tarimas siempre es grande aproximadamente 67 colones*PMT (21,775 col*m⁻³), esto por ende está perjudicando a las especies que pueden ser utilizadas para tarimas, pues como se discutió

en el análisis sobre el efecto del PIMP sobre la rentabilidad una misma especie puede ser utilizada con diferentes precios será más rentable conforme sea más alto el PIMP.

Durante el estudio se analizó el caso de la *Terminalia amazonia*, especie que ha sido utilizada como remplazo de la *Gmelina arborea* y que vendida como tarima (85 colones/PMT-r) es aun más barata que la propia *Gmelina arborea* (entre 78 y 114 colones/PMT-r), como se observó una especie como la *Terminalia amazonia* puede disminuir su rentabilidad hasta en un 200%, es por esto que la producción excesiva de tarimas por si sola no es algo positivo para la producción sostenible y rentable de madera, si bien puede aumentar el precio y darle utilidad a raleos jóvenes pueden disminuir el valor de las plantaciones si se usan especies que pueden ser utilizadas a mejores precios(Figura 27).

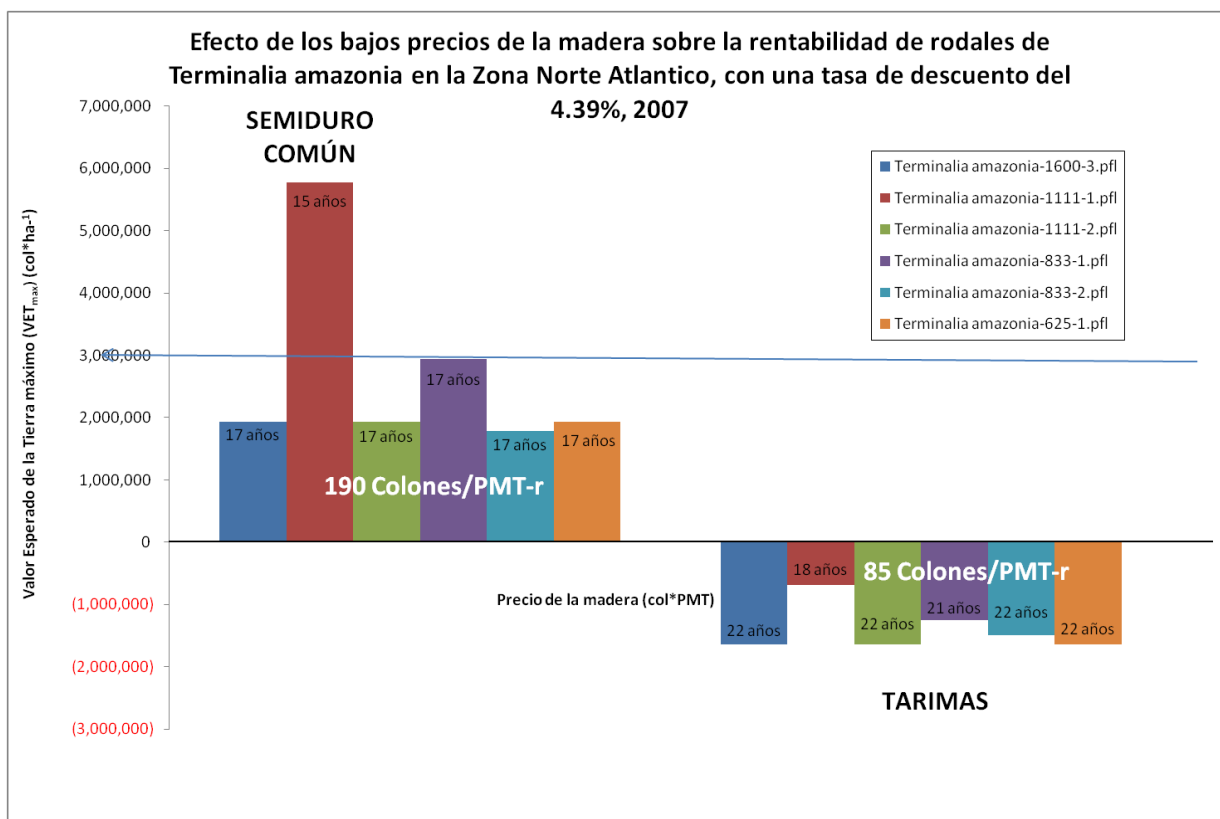


Figura 27. Efecto de los bajos precios de la madera sobre la rentabilidad de los rodales de *Terminalia amazonia*, comercializados como un semiduro común o para tarimas.

4.4.2 Teca de exportación

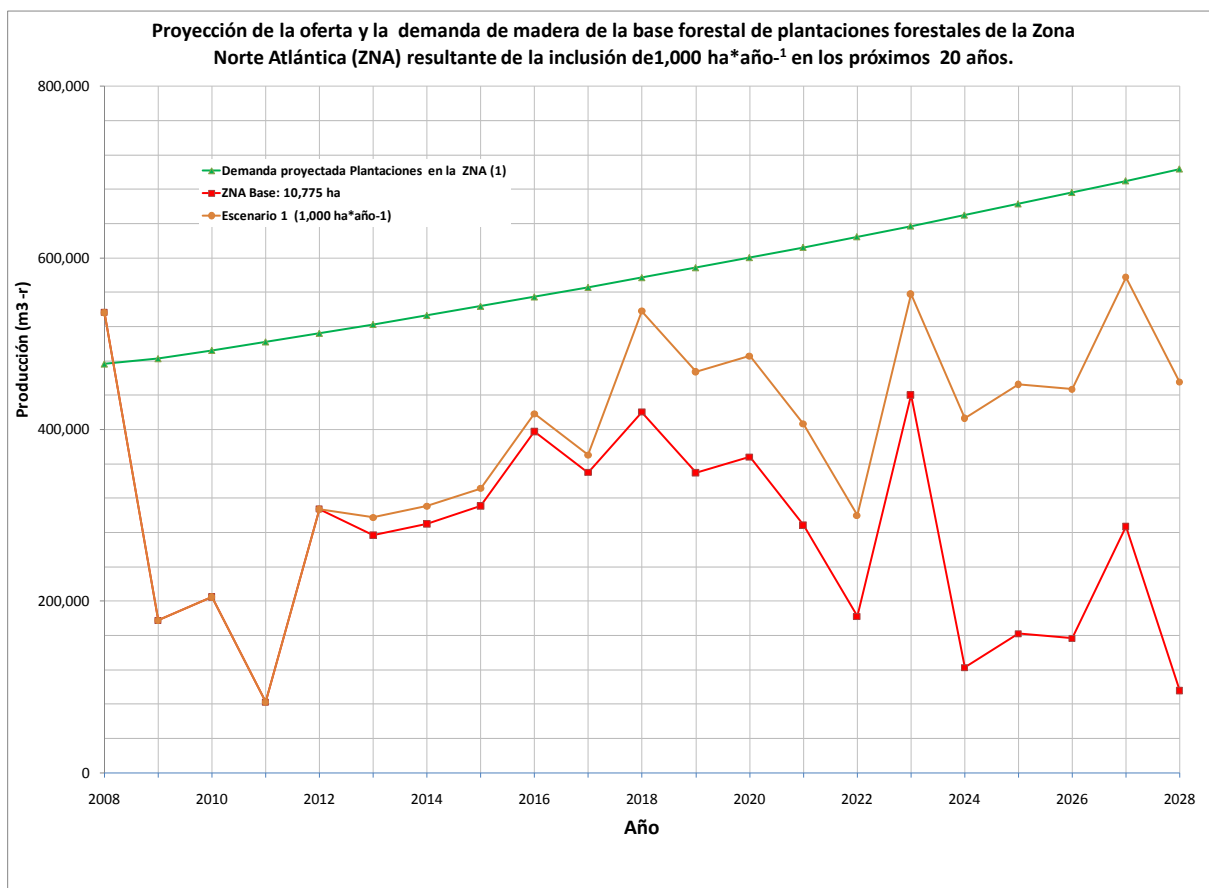
Durante la evaluación se contó con la colaboración de al menos 3 de las empresas más grandes de la zona, estas empresas compartieron información y resultados de sus rendimientos y estas fueron incluidas, durante el estudio Calvo et al 2006 se logró identificar que las empresas forestales de la zona aportan casi el 50% de las plantaciones de la zona, estas empresas en su mayoría están certificadas bajo esquemas de FSC y significan aproximadamente 4,859 ha (Calvo et al 2006). Este valor es muy alto si consideramos que la liquidación de plantaciones en la zona por falta de liquidez no ha afectado significativamente a las empresas, es decir del estimado de 10,775 ha en la zona se estima que 3,8872 ha están en manos de empresas privadas, excluyendo algunos proyectos que si bien son privados no se ha incluido bajo algún esquema de certificación.

Del total de la base forestal de plantaciones se encontró que el 30% del área total 1,977 ha pertenecen a empresas que han establecido plantaciones con el fin de exportarlas a la hora de la cosecha final, número similar se extrapola del estudio de Calvo et al 2006 donde el 36% de las plantaciones captadas corresponden a empresas dedicadas a la exportación de madera, por tanto el déficit proyectado de madera debería aumentar en un 30% debido a la exportación de madera en rollo o procesada, este es un valor mínimo y se debe de tener en cuenta como una de las fugas no contempladas durante este estudio, debido a que no fue posible determinar para otros rodales si tienen las mismas posibilidades de ser rodales para exportación.

Los escenarios propuestos como medida de mitigación de la crisis por falta de madera son; una tasa de establecimiento de plantaciones de 1,000 ha*año⁻¹ y otro de 2,000 ha*año⁻¹, incentivadas por el FONAFIFO dividida en partes iguales para cada uno de los perfiles seleccionados; *Tectona grandis*_111_Alto.pfl y *Vochysia guatemalensis*_111_medio.pfl. Ambos números corresponde a datos reportado por FONAFIFO en años anteriores y son escenarios realistas especialmente si se compara con la magnitud de la base forestal.

4.4.3 Escenario 1 (1,000 ha*año⁻¹)

En este escenario, el cual es el más aproximado a lo que ha reportado históricamente el FONAFIFO para la zona en los últimos años, a partir del 2012 se comienza a recortar la brecha entre la oferta y la demanda principalmente porque los escenarios incluyen tanto corta final de los rodales al llegar al turno final como la inclusión de raleos, pero aún existe un déficit importante de un 34.0 % para los próximos 20 años, a partir del año 2012 el déficit promedio es solamente de un 30.7% alcanzando su punto menor en el año de 2018 con solamente un déficit de 6.8% pero aún así después de esa fecha sube hasta un 52% (Figura 27) y bajo esta situación tendríamos los mismo inconvenientes que se comentaron como efecto de un desabastecimiento de madera proveniente de plantaciones como son; el aumento en la presión por la madera proveniente de bosques, la liquidación inmadura y temprana de los rodales actuales y una desmotivación por el productor en incluirse en la actividad debido a la liquidación temprana de los rodales y precios de la madera bajos.



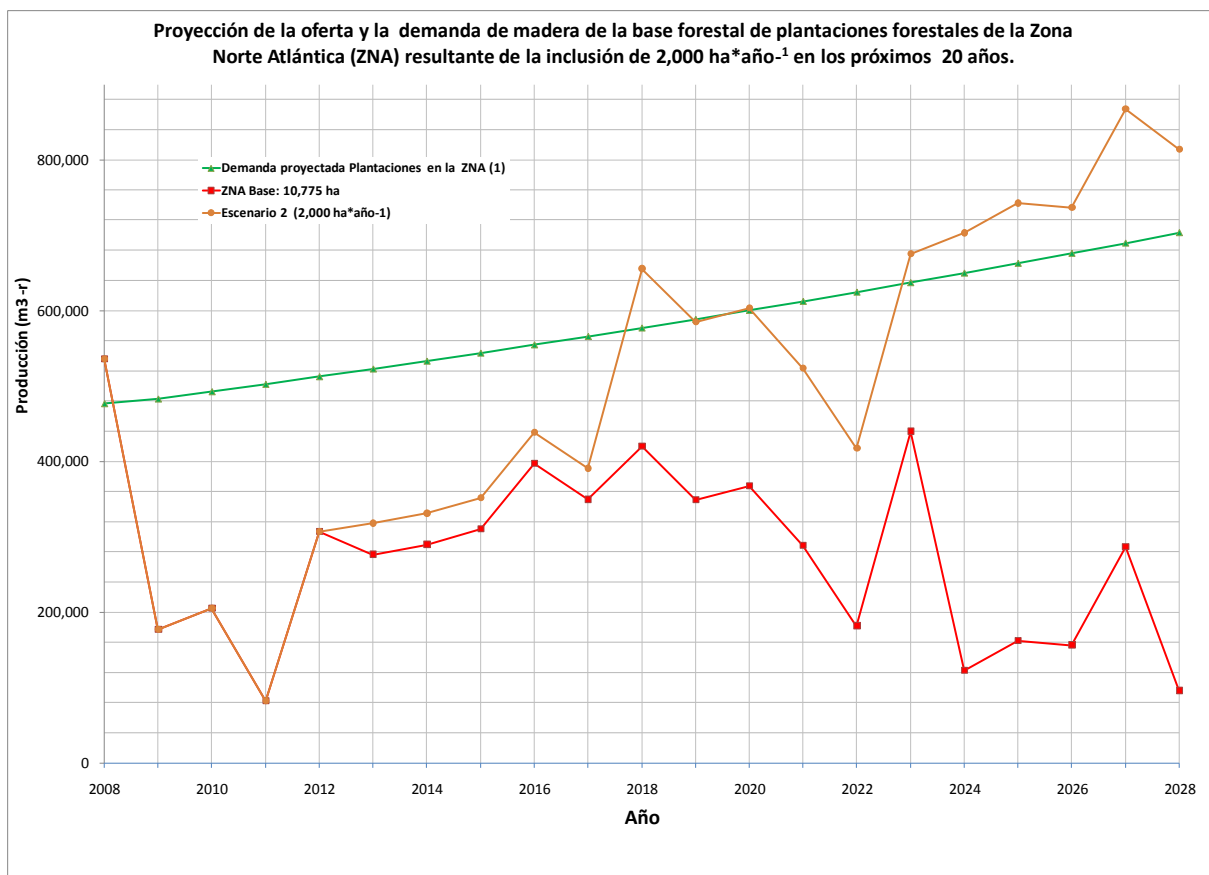
Fuente: Datos propios.

Figura 28. Escenario de abastecimiento de madera proveniente de la base forestal de plantaciones forestales de la Zona Norte Atlántico de Costa Rica en el escenario de una inclusión de 1,000 ha*año⁻¹ para los próximos 20 años.

4.4.4 Escenario 2 (2,000 ha*año-1)

En este escenario, se incluyen un total de 2,000 ha*año⁻¹ monto muy superior al que FONAFIFO ha reportado para la zona en los últimos años pero mediante este monto de establecimiento de plantaciones al año se estaría superando la demanda en el año 2018 con un superávit del 13.6% y para los siguientes años 2019 y 2020 un déficit de 0.5% y un superávit de 0.6%, nuevamente habría una disminución importante en el año 2022 pero para el siguiente año 2023 la situación se mantiene siempre con superávit en promedio de 12.6%, para este momento se podría realizar la normalización de la oferta determinando las cantidades de cada especie que se deberían sembrar para poder cubrir la demanda de manera más específica pero

en total una tasa de $2,000 \text{ ha} \cdot \text{año}^{-1}$, bajo las premisas de los modelos genéricos, permitirían cubrir la demanda por madera a largo plazo (Figura 28).



Fuente: Datos propios.

Figura 29. Escenario de abastecimiento de madera proveniente de la base forestal de plantaciones forestales de la Zona Norte Atlántico de Costa Rica en el escenario de una inclusión de $2,000 \text{ ha} \cdot \text{año}^{-1}$ para los próximos 20 años.

5 CONCLUSIONES

5.1 Objetivo 1

Se lograron identificar tres grupos de especies con rentabilidades claramente alta (RA), rentabilidad baja (RB) y rentabilidad marginal (RM) en promedio, lo cual no quiere decir que la especie como tal no sea rentable, sino que el promedio de los rodales de dicha especie responde a una característica de rentabilidad.

El grupo de rentabilidad alta (RA) está compuesto por 4 especies; *Tectona grandis*, *Dipteryx panamensis*, *Tabebuia rosea* y *Cedrela odorata*, en promedio estas especies tienen una rentabilidad de 14,172,075 col*ha⁻¹ y un turno de rotación de 25 años.

El grupo de rentabilidad baja (RB) está compuesto por 3 especies; *Vochysia ferruginea*, *Eucalyptus sp* y *Schizolobium parahyba*, en promedio estas especies tienen una rentabilidad de 6,018,832.43 col*ha⁻¹ y un turno de 16.6 años.

El grupo de rentabilidad marginal (RM) está compuesto por 12 especies; *Gmelina arborea*, *Cordia alliodora*, *Vochysia guatemalensis*, *Hieronima alchorneoides*, *Terminalia amazonia*, *Acacia mangium*, *Virola koschnyi*, *Sterculia apétala*, *Araucaria hunsteinii*, *Calophyllum brasiliense*, *Ceiba pentandra* y *Alnus acuminata*, en promedio estas especies tienen una rentabilidad de 421,959 col*ha⁻¹ y un turno de 21.3 años.

Se encontraron 65 rodales de 12 especies con rentabilidad mayor al valor de la tierra y representan un área de 4,119 ha del total del 6,405 ha, esto nos permite afirmar el potencial que hay en la zona para cultivar madera de forma rentable

Estas 12 especies demostraron tener la capacidad de ser rentables en la zona debido principalmente a la producción de volumen en algunos casos y en otros al buen precio de la madera, ambos factores determinantes en la rentabilidad.

5.2 Objetivo 2

El valor en pie de la base forestal de plantaciones forestales de la Zona Norte y Atlántico de Costa Rica es de 38,336,015,202 colones para un valor promedio por hectárea de 5,985,326.34 col*ha⁻¹.

Solo los rodales de *Tectona grandis* y *Gmelina arborea* tienen un valor de 35,756,493,845.33 colones.

5.3 Objetivo 3

La actividad del cultivo de la madera presenta alta sensibilidad a variaciones en el perfil de inversor, descrito en este caso mediante la TMA.

Un inversionista prestamista adinerado (IP) va a obtener hasta un 1,624% más de rentabilidad que un inversionista prestamista con fondos propios (IPFP), que tiene ahorros en depósitos a plazo y hasta 1,713% mas rentabilidad que el inversionista deudor (IDSBN) que debe acudir a un préstamo bancario si reforesta con especies de rentabilidad alta.

Para este mismo inversionista, el IDSBN, ninguna especie es rentable bajo las condiciones de este estudio.

Por otro lado el PIMP tiene un efecto sobre la rentabilidad, un aumento en el PIMP da como resultado un aumento en la rentabilidad y una disminución en el PIMP da como resultado una disminución de la rentabilidad.

Las especies RA no pierden su rentabilidad con la disminución del 26 col*m⁻³, para las especies RB estas están muy cerca de perder la rentabilidad luego de disminuir el PIMP en 26 col*m⁻³, por otro lado las especies RM no hay forma de hacerlas rentables con estas variaciones.

Se demostró que solo las especies RA pueden ser procesadas a 180 km (Valle Central) de los rodales, el resto de las especies no permite el procesamiento fuera de la zona de 50 km. Solo las especies RA continúan siendo rentables a esta distancia del aserradero o punto de procesamiento primario.

Se demuestra lo expresado en el modelo de Van Thunnen para el cultivo de madera, que dice que los productos con altos costos de transporte se van a producir más cerca de los lugares de procesamiento.

La inclusión del PSA aumento la rentabilidad de las especies RA en un promedio de 4.95%, incluir un monto fijo aumento la rentabilidad en un promedio de 0.71%, para las especies RB con PSA la rentabilidad aumento en 13.18% y con un monto fijo aumento en 0.66% y las especies RM aumentaron su rentabilidad en 44.05% y 9.69% mediante la inclusión del PSA y de un monto fijo como incentivo.

El mayor efecto del PSA, se da en los rodales RM los cuales sin la colaboración del PSA no son rentables y aún con la inclusión del PSA siguen siendo no rentables, pero el efecto es porcentualmente mayor.

Si la base forestal y mediante el uso de modelos genéricos, se hubiera sobrestimado el volumen comercial en pie en un 10%, esto afectaría la rentabilidad en un 6.74% para las especies RA, las especies RB se ven afectadas en un 8.46 % y las RN en un 6.91%. Si por el contrario existiera una subestimación del 10% la rentabilidad disminuiría para cada grupo de especies la misma magnitud que aumentaría.

Para encontrar efectos importantes en la rentabilidad de las especies mediante un error en la subestimación sería necesario que este fuera de entre el 70 y 90%, lo cual es poco probable gracias a la gran cantidad de rodales evaluados.

Por tanto las variables que más afectan la rentabilidad del cultivo de la madera, en orden descendente, son: TMA (perfil de inversionista), el PIMP, la sobrestimación o

subestimación del volumen y por último el PSA. El PSA es el que en porcentaje tiene el menor efecto.

5.4 Objetivo 4

La oferta de madera para los próximos 20 años en promedio es de $244,167 \text{ m}^3 \cdot \text{año}^{-1}$, el déficit proyectado mayor en los siguientes 10 años es en el año 2011 donde se estima que existirá un déficit del 75.5%.

Según los escenarios planteados y bajo las premisas establecidas si se establecen en forma sostenida 1,000 ha por año de plantaciones forestales desde el año 2008 en adelante, no es posible ni al largo plazo poder cubrir la demanda por madera.

Para poder cubrir la demanda de madera a largo plazo se deberían establecer al menos 2,000 ha por año a partir del año 2008, bajo este escenario el primer año en el cuál se cubre la de demanda estimada será en el 2018, por lo tanto es recomendable que los esfuerzos en la zona estén enfocados a establecer al menos 2,000 ha de plantaciones forestales.

La zona en estudio debería producir un tercio de la producción anual de tarimas y esto por tanto podría afectar de manera positiva el precio de la madera proveniente de raleos.

6 BIBLIOGRAFÍA

- Alice, F.; Montagnini, F.; Montero, M. 2004. Productividad en plantaciones puras y mixtas de especies forestales nativas en la Estación Biológica La Selva, Sarapiquí, Costa Rica. En: *Agronomía costarricense*. 5 p.
- Angelsen, A.; Kaimowitz, D. 1999. Rethinking the Causes of Deforestation: Lessons from Economic Models. *The World Bank Research Observer*, vol. 14(1). 73–98.
- Arce, H.; Barrantes, A. 2004. *La Madera en Costa Rica. Situación Actual y Perspectivas*. FONAFIFO, ONF. San José, Costa Rica. 25 p.
- Arias, LG. 2004. Análisis del impacto económico y social de las plantaciones forestales en Costa Rica. FUNDECOR. Heredia, Costa Rica. 22 p.
- Barrante, A, Salazar, G. 2006. Precios de la madera en Costa Rica (Primer trimestre 2006), en *Costa Rica Forestal. Oficina Nacional Forestal. Marzo Abril 2006*.
- Barrantes, A, Salazar, G. 2005. El uso de la madera en el 2004, impactos socioeconómicos y principales tendencias. FONAFIFO. San José, Costa Rica. 56 p.
- _____. 2006. Usos y aportes de la madera en Costa Rica. Estadísticas 2005. Oficina Nacional Forestal. San José, Costa Rica. 28 p
- Buongiorno, J.; Keith, J. 2003. *Decision Methods for Forest Resource Management*. Elsevier Science (USA). 439 p.
- Bull, G.; Bazett, M.; Schwab, O.; Nilsson, S.; White, A.; Maginnis, S. 2006. Industrial forest plantation subsidies: Impacts and implications. *Forest Policy and Economics* 9 (2006) 13– 31.
- Brown, C. 2000. Perspectivas mundiales del suministro futuro de madera procedente de plantaciones forestales. Documento de trabajo No: GFPOS/WP/03. FAO. Roma, Italia. 129 p.
- Brown, C.; Ball, J. 2000. *World View of Plantation Grown Wood*. Documento presentado en IUFRO XXI World Congress. Kuala Lumpur, Malaysia, Agosto 2000.
- de Camino, R; Segura, O; Arias, LG; Pérez, I. 2000. *Costa Rica Forestry Strategy and the Evolution of Land Use*. The World Bank, Washington, DC. USA. 128 p.
- Calvo, J., Jimenez, V., Solano, JC. 2006. Estudio de Monitoreo de Cobertura Forestal de Costa Rica 2005. II. Parte: Coberturas de Áreas Reforestadas, Plantadas con Café y Frutales en Costa Rica para el Estudio de Cobertura Forestal. Proyecto ECOMERCADOS,

- FONDOS GEF – ECOMERCADOS CONVENIO DE DONACIÓN TF 023681.
FONAFIFO, ITCR, EOSL. San José, Costa Rica. 17 p.
- Campos, J.J.; Alpízar, F.; Louman,; Parrotta, J.; Madrigal, R. 2005. Enfoque integral para esquemas de pago por servicios ambientales. 20p.
- Carrere, R. 2006. Ten Replies to Ten Lies. World Rainforest Movement Campaign Material. Documento en línea: <http://www.wrm.org.uy/plantations/material/lies.html>. Visitado el 03 de enero 2007.
- CECBSJLS Comité Ejecutivo del Corredor Biológico San Juan-La Selva, 2005. El Corredor Biológico San Juan-La Selva: un proyecto del Corredor Biológico Mesoamericano para la conservación de la lapa verde y su entorno. San José, Costa Rica: Centro Científico Tropical, 101 p.
- COMEX. 2006. Ministerio de Comercio Exterior de Costa Rica. Estadísticas. Principales productos de exportación – 2005. Documento en línea consultado el 29 de diciembre 2006 en <http://www.comex.go.cr/estadisticas/exportaciones/default.htm>.
- Cossalter, C.; Pye-Smith, C. 2003. Fast-Wood Forestry-Myths and Realities. Center for International Forestry Research, Jakarta, Indonesia. 50 p.
- Costa Rica. Poder Legislativo. 1996. Ley Forestal No. 7575. Alcance No. 21 a la Gaceta No. 72. La Gaceta (Costa Rica). Abr. 1996. v. 118 8 p.
- Chang, S.J. 1983. Determination of the optimal rotation age: A theoretical analysis. *Forest Ecology and Management* 8: 137-147.
- Clutter, J.; Fortson, J.; Pienaar, L.; Brister, G.; Bailey, R. 1983. *Timber Management a Quantitative Approach*. John Wiley & Sons, Inc. United States of America. 333 p.
- Del Lungo, A.; Carle, J.B 2005. Suplemento temático sobre los bosques plantados mundiales de la Evaluación de los Recursos Forestales 2005. Directrices para la elaboración de las tablas informativas nacionales sobre los bosques plantados. Documentos de Trabajo sobre los bosques y árboles plantados. Documento de Trabajo 35E. Servicio de Desarrollo de Recursos Forestales, Dirección de Recursos Forestales. FAO, Roma. 27 p.
- Hartman, R. 1976. The harvesting decision when a standing forest has value. *Economy Inquiry*. 14: 52-58 pp.
- Hughell, D.A. 1990. Modelos para predicción del crecimiento y rendimiento de *Eucalyptus camaldulensis*, *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia* y *Leucaena leucocephala* en

- América Central. Serie Técnica. Boletín Técnico No.22. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 25 p.
- Johansson, P.O.; Löfgren, K.G.; 1985. The Economics of Forestry and Natural Resources. Basil Blackwell LTD, United Kingdom, 292 p.
- Jiménez, F; Faustino, J; Campos, JJ; Alpízar, F; Velásquez, S.. 2004. Experiencia de pago por servicios ambientales en cuencas en América Central. En Memoria de VII Semana Científica del CATIE 2004. Serie técnica. Reuniones Técnicas. N° 9. Turrialba, CR. pp 54-57.
- Klemperer, W.D. 1996. Forest Resources and Finance. McGraw-Hill. Series in Forest Resources. USA. 551 p.
- INEC 2006. Estadísticas de población: Estimaciones y proyecciones. Documento en línea, consultado el 27 de diciembre 2006 en <http://www.inec.go.cr/>
- MINAE. 2002. El éxito forestal de Costa Rica; cinco casos. Ministerio de Ambiente y Energía, Comisión de Seguimiento del Plan Nacional de Desarrollo Forestal, SINAC.
- Montagnini, F. Porras, C. 1998. Evaluating the Role of Plantations as Carbon Sinks: An Example of an Integrative Approach from the Humid Tropics. Environmental Management 22(3), 459–470.
- Mora, F; Meza, V. 2003. Curvas de índice de sitio para Teca (*Tectona grandis* Linn.) en la Vertiente del Pacífico de Costa Rica. Plantaciones de Teca (*Tectona grandis*): Posibilidades y perspectivas para su desarrollo. INISEFOR-UNA, Heredia, Costa Rica, 26, 27 y 28 de noviembre 26 p.
- Moya, R. 2004. Wood of *Gmelina arborea* in Costa Rica. New Forest 28 299-307.
- Nabuurs, G.J.; Mohren, G.M.J. 1993. Carbon fixation through forestation activities; a study of the carbon sequestration potential of selected types. FACE. IBN Research Report 93/4. Institute for Forestry and Nature Research, Wageningen, The Netherlands. 205 p.
- Navarro, G. 2003. Re-examining the theories supporting the so-called Faustmann formula. Recent Accomplishments in Applied Forest Economic Research. Kluwer Academic Publishers. 1-21 pp.
- Navarro, G. 1999. Valuation Techniques and Investment Decision Model for Private Timber-oriented Even-aged Plantation Forestry Under Monetary Incentive Instruments in Costa Rica. MSc Thesis. Dresden University of Technology 92 p.

- ONF 2004. Uso y aportes de la Madera en Costa Rica. Oficina Nacional Forestal. San José, Costa Rica. 31 p.
- Ortiz, E. 2004. Atlas Digital de Costa Rica 2004. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. CD Multimedia.
- Palo, M. 2000. Global Prospects on Deforestation and Forest Transition. World Forest From Deforestation to Transition?. Klumer Academic Publishers, Dordrecht. The Netherlands. 2 3-21 p.
- Perez, D. 2005. Stand growth scenarios for *Tectona grandis* plantations in Costa Rica. Dissertationes Forestales. Doctoral Thesis, University of Helsinki, Finland 1. 77p. Disponible en: <http://www.metla.fi/dissertationes>.
- Perez, D.; Kanninen, M. 2005. Stand growth scenarios for *Tectona grandis* plantations in Costa Rica. Forest Ecology and Management. 210 425-441 pp.
- Perez, D. 1998. Desarrollo de escenarios de crecimiento con base en la relación de la composición y la estructura de copa con la productividad en plantaciones de *Tectona grandis* y *Bombacopsis quinata* en Costa Rica. Tesis (Mag. Sc.). CATIE, Turrialba. 158 p.
- Piotto, D.; Montagnini, F.; Kanninen, M.; Ugalde, L.; Viquez, E. 2002. Comportamiento de las especies y preferencias de los productores en Costa Rica y Nicaragua. Revista Forestal Centroamericana (CATIE) Abr-Jun 2002 no. 38. 59-66 pp.
- Philip, M.S. 1994. Measuring Trees and Forest. Second Edition. CAB International. 366 p.
- Prodan, M.; Peters, R.; Cox, F.; Real, P. 1997. Mensura Forestal. Serie Investigación y Educación en Desarrollo Sostenible. IICA. GTZ. San José, Costa Rica. 586 p.
- Programa Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible (PENDHS). 2006. Duodécimo Informe del Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. San José, CR, Programa Estado de la Nación. 472 p.
- Rodríguez, J.E. 2005. Centroamérica en el límite forestal: desafíos para la implementación de las políticas forestales en el Istmo. Ed. Gabriela Hernández. UICN. Oficina Regional para Mesoamérica: Programa Regional Ambiental para Centroamérica. San José, Costa Rica. 172 p.
- Rosero-Bixby, L.; Palloni, A. 1997. Población y Deforestación en Costa Rica. Reunión de Expertos en Conservación del Bosque. Academia Nacional de Ciencias. San Rafael de Heredia. Octubre 30 y 31 de 1997. 17p.

- Sage, L.F. 2002. Análisis comparativo de competitividad (Efecto de la competitividad sobre los márgenes del producto forestal). Documento técnico preparado como componente del proyecto TCP/COS/006(A). “Mercadeo e industrialización de madera proveniente de plantaciones forestales”. San José, Costa Rica. 23 p.
- Sanchez-Azofeifa, A.; Harris, R.; Skole, D. 2001. Deforestation in Costa Rica: Quantitative analysis using remote sensing imagery. *Biotropica*. 33(3) 378-384.
- Sterba, H. 1989. Concepts and techniques for forest growth models. En : *Artificial Intelligence and growth models for Forest Management Decisions*. School of Forestry and Wildlife Resources Virginia Polytechnic Institute and State University of Virginia. USA.
- Trømbong, E; Boungiorno; J; Soberg, B. 2000 The global timber market: implications of changes in economic growth, timber supply, and technological trends. *Forest Policy and Economics* 1 (2000) 53 – 69 pp.
- Vanclay, J. 1995. Growth Models for Tropical Forest: A Synthesis of Models and Methods. *Forest Science* 4(1) 7-42 pp.

7 ANEXOS

ANEXO 1

Cuadro 1. Descripción de perfiles de crecimiento creados durante la evaluación de la base forestal de plantaciones forestales de la Zona Norte y Atlántico de Costa Rica.

Especie (sp)	Altura total H (m)	Diametro DAP (cm)	Densidad (N)			
			1600 (arb*ha ⁻¹)	1111 (arb*ha ⁻¹)	833 (arb*ha ⁻¹)	625 (arb*ha ⁻¹)
<i>Acacia mangium</i>	$H = S((1-EXP(-0.22*10))^3)/(1-EXP(-0.22*T))^3$	$D=45*((1-EXP(-0.14*T))^{1.5})$ $D=40*((1-EXP(-0.125*T))^{1.55})$ $D=35*((1-EXP(-0.11*T))^{1.6})$		P	P (4)	
<i>Ainus acuminata</i>	$H = S((1-EXP(-0.17*10))^4)/(1-EXP(-0.17*T))^4$	$D=32.5*((1-EXP(-0.11*T))^{1.65})$		P (2)	P (5)	
<i>Araucaria hunsteini</i>	$H = S((1-EXP(-0.25*10))^2)/(1-EXP(-0.25*T))^2$	$D=27*((1-EXP(-0.12*T))^{1.3})$	P (8)			
<i>Calophyllum brasiliense</i>	$H = S((1-EXP(-0.155*10))^2.5)/(1-EXP(-0.155*T))^{2.5}$	$D=40*((1-EXP(-0.09*T))^{2.1})$ $D=36.5*((1-EXP(-0.09*T))^{2.05})$			P (9)	
<i>Cedrela odorata</i>	$H = S((1-EXP(-0.185*10))^2.5)/(1-EXP(-0.185*T))^{2.5}$	$D=35*((1-EXP(-0.12*T))^{1.9})$		P (11)		
<i>Ceiba pentandra</i>	$H = S((1-EXP(-0.15*10))^3)/(1-EXP(-0.15*T))^3$	$D=35*((1-EXP(-0.15*T))^{1.3})$			P (12)	
<i>Cordia alliodora</i>	$H = S((1-EXP(-0.145*10))^2.5)/(1-EXP(-0.145*T))^{2.5}$	$D=35*((1-EXP(-0.13*T))^{1.7})$ $D=31.5*((1-EXP(-0.115*T))^{2.35})$ $D=28*((1-EXP(-0.1*T))^{3})$				P (14)
<i>Dipteryx panamensis</i>	$H = S((1-EXP(-0.1475*10))^2)/(1-EXP(-0.1475*T))^2$	$D=40*((1-EXP(-0.1*T))^{2})$ $D=35*((1-EXP(-0.105*T))^{2.25})$ $D=30*((1-EXP(-0.11*T))^{2.5})$	P (13)			P (15)
<i>Eucalyptus sp</i>	$H = S((1-EXP(-0.198*10))^2)/(1-EXP(-0.198*T))^2$	$D=45*((1-EXP(-0.135*T))^{1.9})$		P (20)	P (17)	
<i>Gmelina arborea</i>	$H = S((1-EXP(-0.31*10))^2.5)/(1-EXP(-0.31*T))^{2.5}$	$D=35*((1-EXP(-0.105*T))^{2.25})$ $D=30*((1-EXP(-0.11*T))^{2.5})$			P (18)	
<i>Hyeronima alchomeoides</i>	$H = S((1-EXP(-0.21*10))^2.5)/(1-EXP(-0.21*T))^{2.5}$	$D=40*((1-EXP(-0.13*T))^{1.5})$ $D=55*((1-EXP(-0.12*T))^{1.75})$ $D=50*((1-EXP(-0.11*T))^{2})$		P (21)		
<i>Schizobolium parahyba</i>	$H = S((1-EXP(-0.25*10))^2.5)/(1-EXP(-0.25*T))^{2.5}$	$D=45*((1-EXP(-0.135*T))^{1.8})$	P (22)	P (25)	P (28)	
<i>Sterculia apetala</i>	$H = S((1-EXP(-0.1*10))^2.2)/(1-EXP(-0.195*T))^2$	$D=60*((1-EXP(-0.13*T))^{1.5})$ $D=55*((1-EXP(-0.12*T))^{1.75})$ $D=50*((1-EXP(-0.11*T))^{2})$	P (23)	P (26)	P (29)	
<i>Tabebuia rosea</i>	$H = S((1-EXP(-0.2*10))^2)/(1-EXP(-0.2*T))^2$	$D=37.5*((1-EXP(-0.115*T))^{1.95})$	P (24)	P (27)	P (30)	
<i>Tectona grandis</i>	$H = S((1-EXP(-0.195*10))^2.5)/(1-EXP(-0.195*T))^{2.5}$	$D=40*((1-EXP(-0.13*T))^{1.6})$ $D=35*((1-EXP(-0.13*T))^{1.95})$ $D=30*((1-EXP(-0.13*T))^{2.3})$		P (31)	P (34)	
<i>Terminalia amazonia</i>	$H = S((1-EXP(-0.17*10))^2)/(1-EXP(-0.17*T))^2$	$D=40*((1-EXP(-0.11*T))^{1.4})$ $D=37.5*((1-EXP(-0.105*T))^{1.7})$ $D=35*((1-EXP(-0.1*T))^{2})$		P (32)	P (35)	
<i>Virola koschnyi</i>	$H = S((1-EXP(-0.21*10))^2.5)/(1-EXP(-0.21*T))^{2.5}$	$D=45*((1-EXP(-0.135*T))^{1.8})$		P (33)		
<i>Schizobolium parahyba</i>	$H = S((1-EXP(-0.25*10))^2.5)/(1-EXP(-0.25*T))^{2.5}$	$D=45*((1-EXP(-0.135*T))^{1.8})$		P (36)		
<i>Sterculia apetala</i>	$H = S((1-EXP(-0.1*10))^2.2)/(1-EXP(-0.195*T))^2$	$D=32.5*((1-EXP(-0.115*T))^{1.85})$			P (37)	
<i>Tabebuia rosea</i>	$H = S((1-EXP(-0.2*10))^2)/(1-EXP(-0.2*T))^2$	$D=37.5*((1-EXP(-0.115*T))^{1.95})$		P (38)		
<i>Tectona grandis</i>	$H = S((1-EXP(-0.195*10))^2.5)/(1-EXP(-0.195*T))^{2.5}$	$D=40*((1-EXP(-0.13*T))^{1.6})$ $D=35*((1-EXP(-0.13*T))^{1.95})$ $D=30*((1-EXP(-0.13*T))^{2.3})$		P (39)	P (42)	
<i>Terminalia amazonia</i>	$H = S((1-EXP(-0.17*10))^2)/(1-EXP(-0.17*T))^2$	$D=40*((1-EXP(-0.12*T))^{1.6})$ $D=35*((1-EXP(-0.135*T))^{1.95})$ $D=30*((1-EXP(-0.15*T))^{2.3})$		P (40)	P (43)	
<i>Virola koschnyi</i>	$H = S((1-EXP(-0.155*10))^2)/(1-EXP(-0.155*T))^2$	$D=43*((1-EXP(-0.1*T))^{1.6})$ $D=36.5*((1-EXP(-0.11*T))^{1.8})$ $D=30*((1-EXP(-0.12*T))^{2})$		P (41)	P (44)	
<i>Vochysia ferruginea</i>	$H = S((1-EXP(-0.188*10))^2)/(1-EXP(-0.188*T))^2$	$D=40*((1-EXP(-0.12*T))^{1.6})$ $D=35*((1-EXP(-0.135*T))^{1.95})$ $D=30*((1-EXP(-0.15*T))^{2.3})$		P (46)	P (48)	P (50)
<i>Vochysia guatemalensis</i>	$H = S((1-EXP(-0.185*10))^2)/(1-EXP(-0.185*T))^2$	$D=40*((1-EXP(-0.12*T))^{1.6})$ $D=35*((1-EXP(-0.135*T))^{1.95})$ $D=30*((1-EXP(-0.15*T))^{2.3})$	P (45)	P (47)	P (49)	
<i>Virola koschnyi</i>	$H = S((1-EXP(-0.155*10))^2)/(1-EXP(-0.155*T))^2$	$D=43*((1-EXP(-0.1*T))^{1.6})$ $D=36.5*((1-EXP(-0.11*T))^{1.8})$ $D=30*((1-EXP(-0.12*T))^{2})$		P (51)		
<i>Vochysia ferruginea</i>	$H = S((1-EXP(-0.188*10))^2)/(1-EXP(-0.188*T))^2$	$D=50*((1-EXP(-0.13*T))^{2})$ $D=45*((1-EXP(-0.13*T))^{2})$ $D=40*((1-EXP(-0.13*T))^{2})$		P (52)		
<i>Vochysia guatemalensis</i>	$H = S((1-EXP(-0.185*10))^2)/(1-EXP(-0.185*T))^2$	$D=55*((1-EXP(-0.11*T))^{1.8})$ $D=47.5*((1-EXP(-0.1*T))^{1.9})$ $D=40*((1-EXP(-0.09*T))^{2})$		P (53)	P (54)	P (55)
<i>Vochysia ferruginea</i>	$H = S((1-EXP(-0.188*10))^2)/(1-EXP(-0.188*T))^2$	$D=50*((1-EXP(-0.13*T))^{2})$ $D=45*((1-EXP(-0.13*T))^{2})$ $D=40*((1-EXP(-0.13*T))^{2})$		P (56)		
<i>Vochysia guatemalensis</i>	$H = S((1-EXP(-0.185*10))^2)/(1-EXP(-0.185*T))^2$	$D=55*((1-EXP(-0.11*T))^{1.8})$ $D=47.5*((1-EXP(-0.1*T))^{1.9})$ $D=40*((1-EXP(-0.09*T))^{2})$		P (57)		
<i>Vochysia guatemalensis</i>	$H = S((1-EXP(-0.185*10))^2)/(1-EXP(-0.185*T))^2$	$D=55*((1-EXP(-0.11*T))^{1.8})$ $D=47.5*((1-EXP(-0.1*T))^{1.9})$ $D=40*((1-EXP(-0.09*T))^{2})$		P (58)		
<i>Vochysia guatemalensis</i>	$H = S((1-EXP(-0.185*10))^2)/(1-EXP(-0.185*T))^2$	$D=55*((1-EXP(-0.11*T))^{1.8})$ $D=47.5*((1-EXP(-0.1*T))^{1.9})$ $D=40*((1-EXP(-0.09*T))^{2})$		P (59)	P (62)	
<i>Vochysia guatemalensis</i>	$H = S((1-EXP(-0.185*10))^2)/(1-EXP(-0.185*T))^2$	$D=55*((1-EXP(-0.11*T))^{1.8})$ $D=47.5*((1-EXP(-0.1*T))^{1.9})$ $D=40*((1-EXP(-0.09*T))^{2})$		P (60)	P (63)	
<i>Vochysia guatemalensis</i>	$H = S((1-EXP(-0.185*10))^2)/(1-EXP(-0.185*T))^2$	$D=55*((1-EXP(-0.11*T))^{1.8})$ $D=47.5*((1-EXP(-0.1*T))^{1.9})$ $D=40*((1-EXP(-0.09*T))^{2})$		P (61)	P (64)	

ANEXO 2

Cuadro 2. Descripción de los código de perfiles de la base forestal de plantaciones forestales de la Zona Norte Atlántico de Costa Rica.

Código	Perfil de Manejo	Código	Perfil de Manejo
P	Acacia mangium-1111-1.pfl	P (33)	Hieronima alchomeoides-1111-3.pfl
P (2)	Acacia mangium-1111-2.pfl	P (34)	Hieronima alchomeoides-833-1.pfl
P (3)	Acacia mangium-1111-3.pfl	P (35)	Hieronima alchomeoides-833-2.pfl
P (4)	Acacia mangium-833-1.pfl	P (36)	Schizolobium parahyba-1111-2.pfl
P (5)	Acacia mangium-833-2.pfl	P (37)	Sterculia apetala-833-2.pfl
P (6)	Acacia mangium-833-3.pfl	P (38)	Tabebuia rosea-1111-2.pfl
P (7)	Alnus acuminata-1111-2.pfl	P (39)	Tectona grandis-1111-1.pfl
P (8)	Araucaria hunsteinii-1111-3.pfl	P (40)	Tectona grandis-1111-2.pfl
P (9)	Calophyllum brasiliense-833-1.pfl	P (41)	Tectona grandis-1111-3.pfl
P (10)	Calophyllum brasiliense-833-2.pfl	P (42)	Tectona grandis-833-1.pfl
P (11)	Cedrela odorata-1111-2.pfl	P (43)	Tectona grandis-833-2.pfl
P (12)	Ceiba pentandra-833-2.pfl	P (44)	Tectona grandis-833-3.pfl
P (13)	Cordia alliodora-1600-3.pfl	P (45)	Terminalia amazonia-1600-3.pfl
P (14)	Cordia alliodora-625-1.pfl	P (46)	Terminalia amazonia-1111-1.pfl
P (15)	Cordia alliodora-625-2.pfl	P (47)	Terminalia amazonia-1111-2.pfl
P (16)	Cordia alliodora-625-3.pfl	P (48)	Terminalia amazonia-833-1.pfl
P (17)	Dipteryx panamensis-833-1.pfl	P (49)	Terminalia amazonia-833-2.pfl
P (18)	Dipteryx panamensis-833-2.pfl	P (50)	Terminalia amazonia-625-1.pfl
P (19)	Dipteryx panamensis-833-3.pfl	P (51)	Virola koschnyi-1111-1.pfl
P (20)	Dipteryx panamensis-1111-1.pfl	P (52)	Virola koschnyi-1111-2.pfl
P (21)	Eucalyptus sp-1111-2.pfl	P (53)	Virola koschnyi-1111-3.pfl
P (22)	Gmelina arborea-1600-1.pfl	P (54)	Virola koschnyi-833-3.pfl
P (23)	Gmelina arborea-1600-2.pfl	P (55)	Virola koschnyi-625-3.pfl
P (24)	Gmelina arborea-1600-3.pfl	P (56)	Vochysia ferruginea-1111-1.pfl
P (25)	Gmelina arborea-1111-1.pfl	P (57)	Vochysia ferruginea-1111-2.pfl
P (26)	Gmelina arborea-1111-2.pfl	P (58)	Vochysia ferruginea-1111-3.pfl
P (27)	Gmelina arborea-1111-3.pfl	P (59)	Vochysia guatemalensis-1111-1.pfl
P (28)	Gmelina arborea-833-1.pfl	P (60)	Vochysia guatemalensis-1111-2.pfl
P (29)	Gmelina arborea-833-2.pfl	P (61)	Vochysia guatemalensis-1111-3.pfl
P (30)	Gmelina arborea-833-3.pfl	P (62)	Vochysia guatemalensis-833-1.pfl
P (31)	Hieronima alchomeoides-1111-1.pfl	P (63)	Vochysia guatemalensis-833-2.pfl
P (32)	Hieronima alchomeoides-1111-2.pfl	P (64)	Vochysia guatemalensis-833-3.pfl

Donde:

Descripción del perfil: (Nombre latino de la especie)-(Densidad -arb*ha-1)-(Crecimiento para la especie)

Crecimiento para la especie: 1- Alto

2- Medio

3- Bajo

ANEXO 3

Cuadro 3. Resumen de Valor Esperado Máximo ponderado por especie y edad de rotación ponderada para la base forestal de plantaciones forestales de la Zona Norte y Atlántico.

Especie	Código	Vet Max ponderado (col*ha-1)	Edad de rotación ponderada (años)
<i>Cordia alliodora</i>	Coral	(1,891,648)	25.0
<i>Terminalia amazonia</i>	Teram	(981,593)	20.2
<i>Sterculia apetala</i>	Steap	(621,642)	20.0
<i>Ceiba pentandra</i>	Ceipe	(144,417)	20.0
<i>Calophyllum brasiliense</i>	Calbr	198,760	28.6
<i>Araucaria hunsteinii</i>	Arahu	335,247	27.0
<i>Vochysia guatemalensis</i>	Vocgu	840,131	19.5
<i>Alnus acuminata</i>	Alnac	987,309	20.0
<i>Hieronima alchorneoides</i>	Hieal	1,186,234	18.4
<i>Acacia mangium</i>	Acaman	1,195,298	16.8
<i>Virola koschnyi</i>	Virko	1,281,908	22.8
<i>Gmelina arborea</i>	Gmear	2,677,924	17.6
<i>Schizolobium parahyba</i>	Schpa	5,569,488	14.0
<i>Vochysia ferruginea</i>	Vocfe	5,889,647	17.8
<i>Eucalyptus sp</i>	Eucsp	6,597,363	18.0
<i>Cedrela odorata</i>	Cedod	8,105,433	29.0
<i>Tectona grandis</i>	Tecgr	10,465,555	19.9
<i>Dipteryx panamensis</i>	Dippa	15,947,361	22.0
<i>Tabebuia rosea</i>	Tabro	22,169,951	29.0

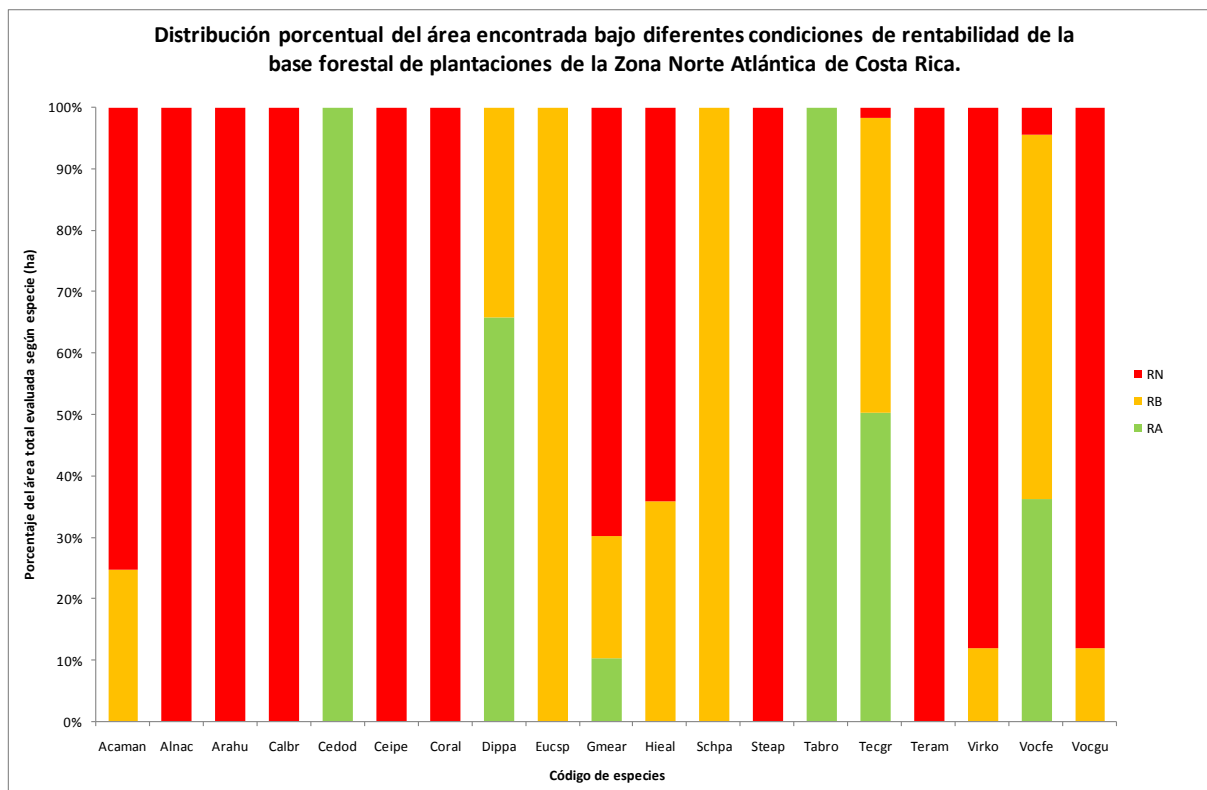
ANEXO 4

Cuadro 4. Detalle de la rentabilidad de las especies RN, mediante el Valor Esperado de la Tierra máximo.

Especie	Área	Vet _{max}	Turno Económico de	Especie	Área	Vet _{max}	Turno Económico de
Densidad	(ha)	(col*ha ⁻¹)	Rotación Optima	Densidad	(ha)	(col*ha ⁻¹)	Rotación Optima
Crecimiento			(edad)	Crecimiento			(edad)
Vochysia ferruginea	1.2	1,912,889	22.0	Virola koschnyi	7.3	134,147	24.8
1111	1.2	1,912,889	22.0	1111	4.6	901,392	24.5
BAJO	1.2	1,912,889	22.0	BAJO	1.2	(454,817)	27.0
Alnus acuminata	2.1	987,309	20.0	MEDIO	3.4	2,257,601	22.0
1111	2.1	987,309	20.0	833	2.5	(811,378)	23.0
MEDIO	2.1	987,309	20.0	BAJO	2.5	(811,378)	23.0
Hieronima alchorneoides	144.9	969,913	18.3	625	0.2	(454,817)	27.0
1111	129.9	289,509	20.0	BAJO	0.2	(454,817)	27.0
BAJO	112.5	(703,569)	22.0	Ceiba pentandra	2.5	(144,417)	20.0
MEDIO	17.5	1,282,587	18.0	833	2.5	(144,417)	20.0
833	15.0	1,650,316	16.5	MEDIO	2.5	(144,417)	20.0
ALTO	10.2	2,691,198	14.0	Vochysia guatemalensis	278.6	(402,504)	22.0
MEDIO	4.8	609,434	19.0	1111	229.2	(201,900)	21.5
Gmelina arborea	1130.4	586,537	18.7	BAJO	21.6	(1,219,732)	24.0
1600	443.7	312,457	19.0	MEDIO	207.6	815,933	19.0
BAJO	443.7	312,457	19.0	833	49.4	(603,109)	22.5
1111	188.9	1,387,355	18.0	BAJO	16.7	(1,452,734)	25.0
BAJO	188.9	1,387,355	18.0	MEDIO	32.7	246,517	20.0
833	497.9	59,800	19.0	Sterculia apetala	7.5	(621,642)	20.0
MEDIO	497.9	59,800	19.0	833	7.5	(621,642)	20.0
Tectona grandis	53.4	524,379	26.5	MEDIO	7.5	(621,642)	20.0
1111	41.2	870,661	27.0	Terminalia amazonia	149.7	(953,265)	20.0
BAJO	41.2	870,661	27.0	1600	2.3	(1,234,179)	21.0
833	12.2	178,097	26.0	BAJO	2.3	(1,234,179)	21.0
MEDIO	12.2	178,097	26.0	1111	132.0	(639,455)	19.0
Acacia mangium	89.1	395,138	17.5	ALTO	31.1	(44,731)	17.0
1111	50.4	711,052	17.0	MEDIO	101.0	(1,234,179)	21.0
BAJO	27.8	(276,778)	18.0	833	15.1	(986,160)	20.0
MEDIO	22.6	1,698,882	16.0	ALTO	0.2	(788,138)	19.0
833	38.7	79,224	18.0	MEDIO	14.8	(1,184,183)	21.0
BAJO	31.8	(744,265)	19.0	625	0.2	(1,234,179)	21.0
MEDIO	6.9	902,713	17.0	ALTO	0.2	(1,234,179)	21.0
Araucaria hunsteini	7.0	335,247	27.0	Cordia alliodora	403.8	(1,014,383)	25.8
1111	7.0	335,247	27.0	1600	401.0	(1,896,458)	25.0
BAJO	7.0	335,247	27.0	BAJO	401.0	(1,896,458)	25.0
Calophyllum brasillense	4.0	247,976	28.5	625	2.8	(720,358)	26.0
833	4.0	247,976	28.5	ALTO	0.3	938,640	19.0
ALTO	1.8	806,219	27.0	BAJO	1.1	(2,015,808)	35.0
MEDIO	2.2	(310,268)	30.0	MEDIO	1.4	(1,083,907)	24.0
				Promedio General		211,237	22.2

ANEXO 5

Cuadro 5. Distribución en términos de área plantada según especie bajo las tres condiciones de rentabilidad, RA, RB y RN en la base forestal de plantaciones forestales en la Zona Norte Atlántica de Costa Rica.



ANEXO 6

Cuadro 6. Precio de la madera promedios en la Zona Norte y Atlántica de Costa Rica.

Especie	Clasificación según ONF	En pie	En patio de	Madera aserrada
		(c/pmt-r)	Aserradero (c/pmt-r)	sin cepillar (c/pmt-s)
Acacia mangium	SM comun	0	190	389
Alnus acuminata	SM comun	0	190	389
Araucaria hunsteinii	Cipres	89	152	371
Calophyllum brasiliense	SM comun	0	190	389
Cedrela odorata	Cedro Amargo	230	381	647
Ceiba pentandra	Formaleta	69	146	293
Cordia alliodora	Laurel	86	162	400
Dipteryx panamensis	Almendo	0	695	1410
Eucalyptus sp	Eucalipto	63	123	276
Gmelina arborea	Melina (15-20 cm)*	38	78	160
Gmelina arborea	Melina (20-29 cm)	61	114	0
Gmelina arborea	Melina (+30 cm)	68	132	272
Hieronima alchomeoides	SM comun	0	190	389
Schizolobium parahyba	Formaleta	69	146	293
Sterculia apetala	Formaleta	69	146	293
Tabebuia rosea	Almendo	0	695	1410
Tectona grandis	Teca (15-20 cm)	0	155	0
Tectona grandis	Teca (20-29 cm)	0	219	0
Tectona grandis	Teca (+ 30 cm)	143	298	738
Terminalia amazonia	Terminalia *	45	85	180
Virola koschnyi	Fruta dorada	0	164	295
Vochysia ferruginea	Fruta dorada	0	164	295
Vochysia guatemalensis	Chanco/Cebo	54	110	260

Fuente: ONF 2007

ANEXO 7

Cuadro 7. Efecto de la TMA sobre la rentabilidad de las especies seleccionadas de la base forestal de plantación de la Zona Norte y Atlántica Norte.

Perfil de crecimiento	Área (ha)	TMA: 0.43%		TMA: 4.39%		TMA: 11.87%	
		VETmax (col/ha)	Edad (años)	VETmax (col/ha)	Edad (años)	VET max (col/ha)	Edad (años)
Dipteryx panamensis-833-1.pfl	25.490	355,063,756	22.0	22,347,574	22.0	2,854,514	21.0
Dipteryx panamensis-833-2.pfl	16.242	244,872,444	22.0	15,018,304	22.0	1,617,328	21.0
Dipteryx panamensis-833-3.pfl	28.228	136,650,297	22.0	7,796,953	22.0	381,630	21.0
Dipteryx panamensis-1111-1.pfl	12.815	355,063,756	22.0	22,347,574	22.0	2,854,514	21.0
Promedio		258,958,496	22.0	15,947,361	22.0	1,768,449	21.0
Tectona grandis-1111-1.pfl	795.186	201,702,294	19.0	13,402,391	19.0	1,821,692	18.0
Tectona grandis-1111-2.pfl	1279.228	126,623,765	22.0	7,557,174	21.0	521,956	21.0
Tectona grandis-1111-3.pfl	41.200	33,127,512	27.0	870,661	27.0	-712,497	21.0
Tectona grandis-833-1.pfl	910.977	217,248,169	19.0	14,561,303	18.0	2,083,187	18.0
Tectona grandis-833-2.pfl	355.799	95,944,145	22.0	5,335,798	22.0	115,862	22.0
Tectona grandis-833-3.pfl	12.200	21,811,181	27.0	178,097	26.0	-780,577	21.0
Promedio		163,803,980	20.6	10,465,555	19.9	1,183,167	19.6
Schizolobium para hyba- 1111-2.pfl	1.222	82,706,830	14.0	5,569,488	14.0	652,247	14.0
Promedio		93,450,794	14.0	5,166,148	14.0	88,016	14.0
Gmelina arborea-1600-1.pfl	68.182	139,109,554	15.0	10,385,297	13.0	2,307,604	10.0
Gmelina arborea-1600-2.pfl	11.000	68,488,564	18.0	4,002,290	16.0	194,554	13.0
Gmelina arborea-1600-3.pfl	443.651	21,661,262	22.0	312,457	19.0	-767,015	16.0
Gmelina arborea-1111-1.pfl	98.090	216,783,162	18.0	14,680,042	18.0	2,108,587	18.0
Gmelina arborea-1111-2.pfl	5.000	115,804,151	18.0	7,204,257	18.0	534,916	18.0
Gmelina arborea-1111-3.pfl	188.900	36,848,431	20.0	1,387,355	18.0	-665,564	18.0
Gmelina arborea-833-1.pfl	191.496	101,613,732	16.0	6,821,618	13.0	1,043,972	11.0
Gmelina arborea-833-2.pfl	115.536	55,705,495	18.0	3,225,390	16.0	175,596	13.0
Gmelina arborea-833-3.pfl	497.881	15,208,739	23.0	59,800	19.0	-612,188	15.0
Promedio		40,679,107	20.5	1,983,075	17.6	-211,627	15.0
Vochysia ferruginea-1111-1.pfl	10.077	123,294,078	17.0	8,089,825	17.0	927,644	17.0
Vochysia ferruginea-1111-2.pfl	16.551	80,923,706	18.0	4,838,379	18.0	203,918	18.0
Vochysia ferruginea-1111-3.pfl	1.200	44,627,816	22.0	1,912,889	22.0	-476,613	22.0
Promedio		94,701,803	17.8	5,889,647	17.8	436,649	17.8
Terminalia amazonia-1600-3.pfl	2.300	-1,725,073	23.0	-1,234,179	21.0	-1,036,086	18.0
Terminalia amazonia-1111-1.pfl	31.067	13,235,611	19.0	-44,731	17.0	-754,541	15.0
Terminalia amazonia-1111-2.pfl	100.980	-1,725,073	23.0	-1,234,179	21.0	-1,036,086	18.0
Terminalia amazonia-833-1.pfl	0.242	4,005,759	23.0	-788,138	19.0	-877,137	16.0
Terminalia amazonia-833-2.pfl	14.829	-2,414,177	24.0	-1,184,183	21.0	-898,008	17.0
Terminalia amazonia-625-1.pfl	0.242	-1,725,073	23.0	-1,234,179	21.0	-1,036,086	18.0
Promedio		-1,801,016	22.3	-1,226,876	20.2	-1,018,148	17.3
Vochysia guatemalensis-1111-1.pfl	12.184	77,131,057	17.0	4,621,303	17.0	174,597	17.0
Vochysia guatemalensis-1111-2.pfl	207.611	27,269,271	22.0	815,933	19.0	-638,739	18.0
Vochysia guatemalensis-1111-3.pfl	21.570	-166,184	27.0	-1,219,732	24.0	-1,050,953	22.0
Vochysia guatemalensis-833-1.pfl	25.272	58,722,495	19.0	3,260,720	17.0	-39,198	17.0
Vochysia guatemalensis-833-2.pfl	32.669	19,580,933	23.0	246,517	20.0	-700,247	19.0
Vochysia guatemalensis-833-3.pfl	16.746	-4,208,724	30.0	-1,452,734	25.0	-1,011,208	22.0
Promedio		27,371,585	22.4	840,131	19.5	-613,669	18.5

ANEXO 8

Cuadro 8. Efecto del PIMP sobre la rentabilidad de las especies seleccionadas de la base forestal de plantación de la Zona Norte y Atlántica Norte.

Perfil de crecimiento	Área (ha)	PIMP - 26		CB		PIMP + 5	
		VETmax (col/ha)	Edad (años)	VETmax (col/ha)	Edad (años)	VETmax (col/ha)	Edad (años)
Dipteryx panamensis-833-1.pfl	25.5	20,561,610	22.0	22,347,574	22.0	22,739,659	21.0
Dipteryx panamensis-833-2.pfl	16.2	13,742,424	22.0	15,018,304	22.0	15,296,771	21.0
Dipteryx panamensis-833-3.pfl	28.2	7,026,848	22.0	7,796,953	22.0	7,945,050	22.0
Dipteryx panamensis-1111-1.pfl	12.8	20,561,610	22.0	22,347,574	22.0	22,739,659	21.0
Promedio		14,607,914	22.0	15,947,361	22.0	16,233,947	21.3
Schizolobium parahyba-1111-2.pfl	1.2	2,656,641	15.0	5,569,488	14.0	6,129,868	14.0
Promedio		2,656,641	15.0	5,569,488	14.0	6,129,868	14.0
Tectona grandis-1111-1.pfl	795.2	11,042,417	19.0	13,402,391	19.0	13,958,408	18.0
Tectona grandis-1111-2.pfl	1279.2	5,998,608	22.0	7,557,174	21.0	7,917,298	21.0
Tectona grandis-1111-3.pfl	41.2	292,958	27.0	870,661	27.0	998,198	26.0
Tectona grandis-833-1.pfl	911.0	11,953,281	19.0	14,561,303	18.0	15,135,282	18.0
Tectona grandis-833-2.pfl	355.8	4,078,665	23.0	5,335,798	22.0	5,606,944	22.0
Tectona grandis-833-3.pfl	12.2	(293,231)	27.0	178,097	26.0	280,987	26.0
Promedio		8,485,032	20.7	10,465,555	19.9	10,915,884	19.7
Terminalia amazonia-1600-3.pfl	2.3	(293,519)	26.0	915,354	21.0	1,155,315	21.0
Terminalia amazonia-1111-1.pfl	31.1	547,923	21.0	2,591,939	16.0	3,003,383	16.0
Terminalia amazonia-1111-2.pfl	101.0	(293,519)	26.0	915,354	21.0	1,155,315	21.0
Terminalia amazonia-833-1.pfl	0.2	101,913	22.0	1,431,543	18.0	1,708,305	18.0
Terminalia amazonia-833-2.pfl	14.8	(173,233)	26.0	844,850	21.0	1,045,706	21.0
Terminalia amazonia-625-1.pfl	0.2	(293,519)	26.0	915,354	21.0	1,155,315	21.0
Promedio		(106,291)	25.0	1,257,237	20.0	1,528,980	20.0
Vochysia ferruginea-1111-1.pfl	10.1	4,951,658	17.0	8,089,825	17.0	8,693,319	17.0
Vochysia ferruginea-1111-2.pfl	16.6	2,549,584	18.0	4,838,379	18.0	5,278,532	18.0
Vochysia ferruginea-1111-3.pfl	1.2	472,362	22.0	1,912,889	22.0	2,189,914	22.0
Promedio		3,329,854	17.8	5,889,647	17.8	6,381,915	17.8
Vochysia guatemalensis-1111-1.pfl	12.2	919,148	18.0	4,621,303	17.0	5,337,141	17.0
Vochysia guatemalensis-1111-2.pfl	207.6	(1,041,980)	23.0	815,933	19.0	1,186,829	19.0
Vochysia guatemalensis-1111-3.pfl	21.6	(2,047,699)	30.0	(1,219,732)	24.0	(1,051,718)	24.0
Vochysia guatemalensis-833-1.pfl	25.3	228,941	19.0	3,260,720	17.0	3,854,927	17.0
Vochysia guatemalensis-833-2.pfl	32.7	(1,252,643)	24.0	246,517	20.0	544,728	20.0
Vochysia guatemalensis-833-3.pfl	16.7	(2,079,305)	31.0	(1,452,734)	25.0	(1,325,574)	25.0
Promedio		(1,010,127)	23.5	840,131	19.5	1,207,908	19.5

ANEXO 9

Cuadro 9. Efecto de los incentivos sobre la rentabilidad de las especies seleccionadas de la base forestal de plantación de la Zona Norte y Atlántica Norte.

CON PSA	Área	SIN PSA	Edad	con PSA	Edad	FIJO	Edad
Perfil de crecimiento	(ha)	VETmax	(años)	VETmax	(años)	VETmax	(años)
		(col/ha)		(col/ha)		(col/ha)	
Dipteryx panamensis-833-1.pfl	25.49	21,744,790	22	22,347,574	22	22,461,327	22
Dipteryx panamensis-833-2.pfl	16.24	14,415,519	22	15,018,304	22	15,132,057	22
Dipteryx panamensis-833-3.pfl	28.23	7,194,168	22	7,796,953	22	7,910,706	22
Dipteryx panamensis-1111-1.pfl	12.82	21,744,790	22	22,347,574	22	22,461,327	22
Promedio		15,344,576	22.0	15,947,361	22.0	16,061,114	22.0
Schizolobium parahyba-1111-2.pfl	1.22	4,754,141	14.0	5,569,488	14.0	5,470,679	14.0
Promedio		4,754,141	14.0	5,569,488	14.0	5,470,679	14.0
Tectona grandis-1111-1.pfl	795.19	12,741,852	19.0	13,402,391	19.0	13,458,389	19.0
Tectona grandis-1111-2.pfl	1279.23	6,944,349	22.0	7,557,174	21.0	7,660,887	22.0
Tectona grandis-1111-3.pfl	41.20	333,835	27.0	870,661	27.0	1,050,372	27.0
Tectona grandis-833-1.pfl	910.98	13,876,960	18.0	14,561,303	18.0	14,593,498	18.0
Tectona grandis-833-2.pfl	355.80	4,733,013	22.0	5,335,798	22.0	5,449,551	22.0
Tectona grandis-833-3.pfl	12.20	(369,513)	27.0	178,097	26.0	347,024	27.0
Promedio		9,824,569	20.3	10,465,555	19.9	10,541,107	20.3
Terminalia amazonia-1600-3.pfl	2.30	(1,839,322)	23.0	(1,234,179)	21.0	(1,122,784)	23.0
Terminalia amazonia-1111-1.pfl	31.07	(736,956)	19.0	(44,731)	17.0	(20,418)	19.0
Terminalia amazonia-1111-2.pfl	100.98	(1,839,322)	23.0	(1,234,179)	21.0	(1,122,784)	23.0
Terminalia amazonia-833-1.pfl	0.24	(1,418,713)	21.0	(788,138)	19.0	(702,175)	21.0
Terminalia amazonia-833-2.pfl	14.83	(1,790,283)	23.0	(1,184,183)	21.0	(1,073,745)	23.0
Terminalia amazonia-625-1.pfl	0.24	(1,839,322)	23.0	(1,234,179)	21.0	(1,122,784)	23.0
Promedio		(1,604,948)	22.2	(981,593)	20.2	(888,411)	22.2
Vochysia ferruginea-1111-1.pfl	10.08	7,378,733	17.0	8,089,825	17.0	8,095,270	17.0
Vochysia ferruginea-1111-2.pfl	16.55	4,154,036	18.0	4,838,379	18.0	4,870,574	18.0
Vochysia ferruginea-1111-3.pfl	1.20	1,310,105	22.0	1,912,889	22.0	2,026,642	22.0
Promedio		5,199,134	17.8	5,889,647	17.8	5,915,672	17.8
Vochysia guatemalensis-1111-1.pfl	12.18	3,910,210	17.0	4,621,303	17.0	4,626,748	17.0
Vochysia guatemalensis-1111-2.pfl	207.61	177,485	21.0	815,933	19.0	894,022	21.0
Vochysia guatemalensis-1111-3.pfl	21.57	(1,774,202)	27.0	(1,219,732)	24.0	(1,057,665)	27.0
Vochysia guatemalensis-833-1.pfl	25.27	2,561,257	18.0	3,260,720	17.0	3,277,794	18.0
Vochysia guatemalensis-833-2.pfl	32.67	(373,723)	22.0	246,517	20.0	342,814	22.0
Vochysia guatemalensis-833-3.pfl	16.75	(1,993,616)	28.0	(1,452,734)	25.0	(1,277,078)	28.0
Promedio		206,787	21.5	840,131	19.5	923,324	21.5

ANEXO 10

Cuadro 10. Efecto de la estimación del volumen en pie sobre la rentabilidad de las especies seleccionadas de la base forestal de plantación de la Zona Norte y Atlántica Norte.

Especie	90%		100%		110%	
	VEtmax (col/ha)	Edad (años)	VEtmax (col/ha)	Edad (años)	VEtmax (col/ha)	Edad (años)
Dipteryx panamensis	20,896,483	22.0	22,347,574	22.0	23,798,665	22.0
Dipteryx panamensis	13,981,875	22.0	15,018,304	22.0	16,054,733	22.0
Dipteryx panamensis	7,160,854	22.0	7,796,953	22.0	8,433,052	22.0
Dipteryx panamensis	20,896,483	22.0	22,347,574	22.0	23,798,665	22.0
Promedio	14,855,564	22.0	15,947,361	22.0	17,039,158	22.0
Schizolobium parahyba	5,070,088	14.0	5,569,488	14.0	6,068,887	14.0
Promedio	5,070,088	14.0	5,569,488	14.0	6,068,887	14.0
Tectona grandis	12,590,048	19.0	13,402,391	19.0	14,231,809	18.0
Tectona grandis	7,068,876	22.0	7,557,174	21.0	8,050,362	21.0
Tectona grandis	706,130	27.0	870,661	27.0	1,036,827	26.0
Tectona grandis	13,546,240	18.0	14,561,303	18.0	15,576,366	18.0
Tectona grandis	4,888,855	22.0	5,335,798	22.0	5,782,741	22.0
Tectona grandis	17,954	26.0	178,097	26.0	338,241	26.0
Promedio	9,769,429	20.3	10,465,555	19.9	11,167,543	19.7
Terminalia amazonia	(1,347,970)	21.0	(1,234,179)	21.0	(1,117,976)	20.0
Terminalia amazonia	(245,583)	17.0	(44,731)	17.0	156,120	17.0
Terminalia amazonia	(1,347,970)	21.0	(1,234,179)	21.0	(1,117,976)	20.0
Terminalia amazonia	(949,226)	20.0	(788,138)	19.0	(623,559)	19.0
Terminalia amazonia	(1,303,003)	21.0	(1,184,183)	21.0	(1,062,201)	20.0
Terminalia amazonia	(1,347,970)	21.0	(1,234,179)	21.0	(1,117,976)	20.0
Promedio	(1,114,031)	20.2	(981,593)	20.2	(847,167)	19.4
Vochysia ferruginea	7,495,427	17.0	8,089,825	17.0	8,684,224	17.0
Vochysia ferruginea	4,428,466	18.0	4,838,379	18.0	5,248,292	18.0
Vochysia ferruginea	1,673,992	22.0	1,912,889	22.0	2,151,787	22.0
Promedio	5,420,302	17.8	5,889,647	17.8	6,358,992	17.8
Vochysia guatemalensis	4,190,657	17.0	4,621,303	17.0	5,051,949	17.0
Vochysia guatemalensis	591,324	19.0	815,933	19.0	1,040,541	19.0
Vochysia guatemalensis	(1,318,710)	24.0	(1,219,732)	24.0	(1,120,755)	24.0
Vochysia guatemalensis	2,858,270	17.0	3,260,720	17.0	3,663,169	17.0
Vochysia guatemalensis	37,105	20.0	246,517	20.0	455,929	20.0
Vochysia guatemalensis	(1,543,007)	26.0	(1,452,734)	25.0	(1,361,828)	25.0
Promedio	610,622	19.6	840,131	19.5	1,069,674	19.5