

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO Y CAPACITACION

ESTUDIO DE CASO SOBRE LA RENTABILIDAD Y USO OPTIMO
DE RECURSOS EN PLANTACIONES FORESTALES
EN COSTA RICA.

Tesis sometida a la consideración del Comité Técnico Académico del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, para optar al grado de

Magister Scientiae

por

MARIA DE LOS ANGELES ALFARO MURILLO

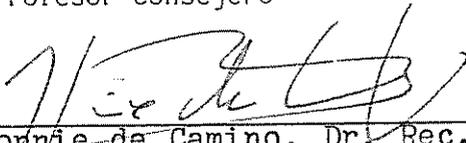
Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
Turrialba, Costa Rica
1990.

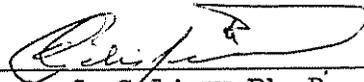
Esta tesis ha sido aceptada, en su presente forma, por la Coordinación del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales Renovables del CATIE, y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar el grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

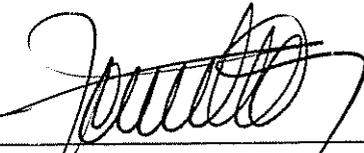
COMITE ASESOR:


Thomas A. McKenzie, M.F.
Profesor Consejero

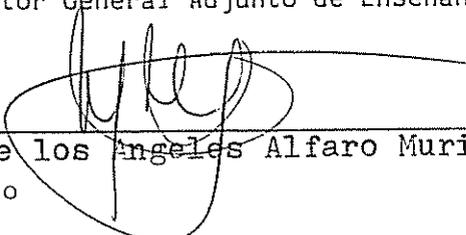

Ronnie de Camino, Dr. Rec. Nat.
Miembro del Comité


Rafael Celis, Ph.D.
Miembro del Comité


David Hughell, M.S.
Miembro del Comité


Ramon Lastra Rodriguez, Ph.D.
Coordinador, Programa de Estudios de Posgrado

Dr. José Luis Parisí
Subdirector General Adjunto de Enseñanza


María de los Angeles Alfaro Murillo.
Candidato

*Al CREADOR de todas las cosas
por su infinita generosidad*

AGRADECIMIENTOS

La autora desea expresar su más sincero agradecimiento a las siguientes personas e instituciones:

A Thomas A. McKenzie, por su excelente labor como profesor consejero; por su estímulo constante y por ser el maestro dedicado, exigente y comprensivo. Sus enseñanzas han aportado valiosos elementos a mi formación profesional.

A Ronnie de Camino, por su amistad y sus consejos; su deseo de enseñar ha sido una de mis mejores motivaciones para aprender.

A Rafael Celis, por sus valiosos consejos y su paciencia; le tocó la dura tarea de orientarme en un tema nuevo para mí.

A David Hughell, por su disposición a colaborar y su aporte no solo en la tesis sino en mi formación profesional en el campo de la modelación.

A Isabel Rojas R., Ingeniera Forestal, por su colaboración en la interpretación y análisis de la información edáfica y topográfica. Por su amistad, su estímulo permanente y porque su dedicación al estudio y al trabajo han sido siempre fuente de inspiración para mí.

A Sergio Jiménez, Ingeniero Forestal, amigo y compañero de trabajo, por dedicar parte de su tiempo a compartir conmigo sus valiosas experiencias; por sus atinados consejos.

A Martha Eugenia Marín, compañera de promoción, por su amistad y su apoyo constantes; por haberme contagiado su firme convicción de que todos los seres humanos tenemos más virtudes que defectos y que podemos siempre dar más de lo que hemos dado.

A las señoras Anita de McKenzie, Marielos de Morera, Venecia de Rivas y Emilia de Vincenti, por hacer de mi estadía en CATIE algo más agradable.

A todo el personal del proyecto MADELENA, por su disposición a colaborar.

A todos los profesores de la institución y a los compañeros de promoción, por haberme permitido aprender de ellos.

Al personal de la compañía Los Nacientes Forestal, especialmente a Luis Arturo Salazar, Gerente General, y a Marco Pereira, Gerente Técnico, por el apoyo moral y material brindado.

A todo el personal de la Biblioteca Conmemorativa Orton, del Centro de Cómputo y de la Oficina de Posgrado, por su amabilidad y colaboración constantes.

A la Universidad Nacional, por brindarme el permiso y un apoyo financiero parcial para realizar mis estudios.

Al CATIE, por brindarme la oportunidad de compartir las experiencias científicas y académicas generadas por tantos buenos profesionales que laboran en la institución; por el apoyo financiero.

BIOGRAFIA

La autora nació en marzo de 1960 en la provincia de Alajuela, Costa Rica.

En 1980 se graduó como Bachiller en Ciencias Forestales en la Escuela de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional (UNA), Costa Rica. En 1983 obtuvo el título de Licenciada en Ciencias Forestales en la misma Universidad.

En 1981 inició su labor como docente e investigadora en la Escuela de Ciencias Ambientales de la UNA, formando parte del personal académico permanente de dicha institución hasta la fecha. Se ha desempeñado en las áreas de Manejo Forestal y Aprovechamiento Forestal.

Entre 1986 y 1988 se desempeñó como asesora de la compañía de reforestación Los Nacientes, Costa Rica.

En setiembre de 1988 ingresó al Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) y en 1990 obtuvo el grado de Magister Scientiae en Recursos Naturales con especialidad en Economía y Manejo de Recursos Naturales Renovables.

INDICE

	Página
RESUMEN.....	x
SUMMARY.....	xii
LISTA DE CUADROS.....	xiv
LISTA DE FIGURAS.....	xvi
LISTA DE ANEXOS.....	xvii
INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I. CARACTERIZACION DE LA COMPAÑIA DE REFO- RESTACION LOS NACIENTES.....	6
1.1 Objetivos de la compañía.....	6
1.2 Organigrama de la compañía.....	6
1.3 Terrenos de la compañía.....	8
1.4 Recurso forestal.....	8
1.5 Situación económica.....	11
1.6 Personal de la compañía.....	11
1.7 Conclusiones.....	12
CAPITULO II. CLASIFICACION DE LOS TERRENOS DE LA COMPAÑIA DE REFORESTACION LOS NACIENTES....	13
2.1 Antecedentes.....	13
2.2 Métodos y materiales.....	14
2.2.1 Requerimientos ambientales de las especies forestales.....	14
2.2.2 Visita a' las fincas propiedad de la compañía....	15
2.2.3 Clasificación de terrenos.....	16

2.3 Resultados y discusión.....	17
2.3.1 Requerimientos ambientales de las especies...	17
2.3.2 Caracterización climática, fisiográfica y edáfica de las áreas reforestadas.....	21
2.3.3 Clasificación de terrenos.....	26
2.4 Conclusiones.....	31

CAPITULO III. EVALUACION FINANCIERA DE LA INVERSION EN PLANTACIONES FORESTALES.....33

3.1 Antecedentes.....	33
3.1.1 Inversión forestal.....	33
3.1.2 Estudios de rendimiento.....	34
3.1.3 Evaluación financiera.....	35
3.2 Métodos y materiales.....	37
3.2.1 Rendimiento de las especies.....	37
3.2.2 Información sobre costos y precios.....	39
3.2.3 Evaluación financiera.....	43
3.3 Resultados y discusión.....	44
3.3.1 Rendimiento de las especies.....	44
3.3.2 Costos directos.....	45
3.3.3 Precio de la madera en rollo.....	53
3.3.4 Rendimiento de la industria forestal primaria.....	54
3.3.5 Ingresos esperados por hectárea.....	57
3.3.6 Análisis financiero.....	59
3.4 Conclusiones.....	64

CAPITULO IV. PROGRAMACION LINEAL APLICADA A LA INVERSION EN PLANTACIONES FORESTALES.....67

4.1 Antecedentes.....	67
4.2 Métodos y materiales.....	70
4.2.1 Información necesaria para el modelo de PL.....	70
4.2.2 Programa usado.....	70
4.2.3 Función objetivo.....	71
4.2.4 Restricciones impuestas al modelo.....	72

	Página
4.3 Resultados y discusión.....	74
4.3.1 Función objetivo.....	74
4.3.2 Restricciones impuestas al modelo.....	75
4.3.3 Soluciones al modelo.....	82
4.4 Conclusiones.....	85
REFERENCIAS.....	88
ANEXOS.....	96

ALFARO MURILLO, M. 1990. Estudio de caso sobre la rentabilidad y el uso óptimo de recursos en plantaciones forestales en Costa Rica. Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica, CATIE. 181 p.

Palabras claves: Análisis financiero, rentabilidad, plantaciones forestales, Gmelina arborea, Eucalyptus deglupta, Bombacopsis quinatum, Cordia alliodora, Tectona grandis, programación lineal.

RESUMEN

A fin de realizar un análisis de rentabilidad y uso óptimo de recursos, la compañía de reforestación Los Nacientes aceptó brindar información sobre sus programas de desarrollo en tierras forestales. Esta compañía costarricense empezó su actividad en 1986 y ha reforestado hasta 1990 un total de 5525 ha. Los terrenos de la compañía se localizan en dos regiones: el Pacífico Seco y la Zona Norte (tierras bajas húmedas) y las especies usadas para reforestar son: la melina (*Gmelina arborea*), el deglupta (*Eucalyptus deglupta*), el pochote (*Bombacopsis quinatum*), el laurel (*Cordia alliodora*) y la teca (*Tectona grandis*).

Los terrenos de la compañía fueron clasificados de acuerdo a su calidad de sitio para la producción forestal. La clasificación de éstos se realizó con base en las características edáficas, topográficas y climáticas logrando como resultado identificar terrenos de clase I, II y III. Se construyeron tablas de rendimiento preliminares para cada una de las especies en cada uno de los sitios a fin de contar con una estimación del volumen de madera producido en cada caso.

Con información sobre costos de establecimiento y mantenimiento de plantaciones e información sobre los

ingresos esperados por hectárea para cada una de las especies de acuerdo a la calidad del sitio, se realizó el análisis financiero obteniendo los indicadores: VAN, TIR y VET.

Los resultados de este análisis mostraron que la teca y la melina presentan las mayores TIR (33.0% y 32.7% respectivamente) cuando la plantación se establece en sitios de clase I.

El modelo de PL usó dos funciones objetivo: el Valor Actual Neto (VAN) y el Valor Esperado de la Tierra (VET). Cada función se maximizó en forma separada, pero se usaron las mismas variables y restricciones de recursos para incluir en la función objetivo. Las restricciones incluidas en el modelo fueron: la superficie de terreno disponible por la empresa según clase de calidad, la disponibilidad de mano de obra y capital y la preferencia de la compañía en cuanto a las especies a plantar.

Los resultados del modelo de PL muestran la preferencia por plantar en terrenos de clase I (sitios donde el rendimiento en volumen es mayor) y solo incluye terrenos de clase II cuando las restricciones que tiene la empresa orientan hacia esa alternativa. Las soluciones obtenidas indican qué especies plantar y en qué sitios a fin de maximizar la función objetivo seleccionada. Sin embargo, si las políticas de manejo o la disponibilidad de recursos cambian, entonces el modelo debe ser ajustado a estos cambios.

ALFARO MURILLO, M. 1990. A case study of the profitability and optimum use of resources in forestry plantations in Costa Rica. Thesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica, CATIE. 181 p.

Keywords: Financial analysis, profitability, forestry plantations, Gmelina arborea, Eucalyptus deglupta, Bombacopsis quinatum, Cordia alliodora, Tectona grandis, linear programing (LP).

SUMMARY

As a practical application of economic analysis, the company Los Nacientes agreed to collaborate in a study of their forestry land developmnet program. This costarican Company began in 1986, and has today reforested a total of 5525 hectares. These properties are located in two different regions, the Dry Pacific and the Northern Region (humid lowland): and the species used in reforestation are Melina (Gmelina arborea), Deglupta (Eucalyptus deglupta), Pochote (Bombacopsis quinatum), Laurel (Cordia alliodora) and Teak (Tectona grandis).

The lands were classified according to their site quality for forestry production. The basis for the classification system was a combination of factors which included edafic, topographic, climatic and past land usage which permitted the identification of three site classes (I, II, and III). On the bases of these site classes preliminary yield tables were developed to estimate useable timber volumes for each species and the three types of sites.

Economic data on the costs of establishing and maintaining each class of plantation, as well as data on the incomes for the different species and yields expected under management, were accumulated. Financial analysis using Present Net Worth (PNW), Internal Rate of Return

(IRR) and Soil Expectation Value (SEV) were applied to these data in the context of linear programming (LP).

Results of these analyses showed that Teak and Melina had the highest internal rates of return (33.0% and 32.7%, respectively) when the plantation is established on Site Class I land.

The LP model used two objective functions: the sum of PNW per hectare, and the sum of SEV per hectare. The maximization of each function was done separately, but using the same requirements and limitations of resources, prices and management policies; these included land and labor availability, and utilization preferences by species.

The LP model results in an optimization using Class I sites, and only including Class II sites when management requirements demanded more area for reforestation. The species mix to plant for optimum net values helps orient management planning for the future. However, if the management policies or resource availabilities change, then the optimum solution will also need revision.

LISTA DE CUADROS

CUADRO	TITULO	Página
1.1	Area total (ha) reforestada por año, zona y especie. Los Nacientes, Costa Rica. 1990.....	10
2.1	Ubicación y especies usadas en los proyectos de reforestación visitados. Costa Rica.....	15
2.2	Resumen de las características topográficas, edáficas y climáticas que limitan el desarrollo de las especies forestales en estudio.....	19
2.3	Area (ha) por finca que presenta cada uno de los factores limitantes para el desarrollo de las especies forestales en estudio.....	27
2.4	Superficie (ha) por clase de sitio y por especie.....	28
3.1	Rentabilidad en proyectos forestales.....	36
3.2	Estimación del rendimiento esperado al final del turno por especie y clase de sitio. Propiedades de la compañía Los Nacientes. 1990.....	46
3.3	Costos de establecimiento y mantenimiento de plantaciones forestales en Costa Rica.....	47
3.4	Estimación del rendimiento en las operaciones de aprovechamiento de plantaciones forestales en Costa Rica.....	50
3.5	Distancia (km) entre las fincas y la industria primaria y costos de transporte. Compañía Los Nacientes. 1990.....	52
3.6	Pulgadas madereras ticas (pmt) por metro cúbico (m3) y porcentaje de volumen comercial para aserrío de acuerdo al diámetro promedio de la masa a extraer.....	55
3.7	Estimación del precio de la madera en pie por zona. Fincas propiedad de la compañía Los Nacientes. Costa Rica. 1990.....	55

	Página
3.8	Ingreso esperado (Φ /ha) por especie y por índice de sitio.....58
3.9	Estimación del Valor Actual Neto (VAN) por especie e índice de sitio bajo condiciones de vegetación anterior diferentes.....60
3.10	Estimación del Valor Esperado de la Tierra (VET) por especie e índice de sitio bajo condiciones de vegetación inicial diferentes.....62
3.11	Estimación de la Tasa Interna de Retorno (TIR) por especie e por índice de sitio bajo condiciones de vegetación inicial diferentes.....63
4.1	Disponibilidad de mano de obra por zona. Compañía Los Nacientes, 1990.....78
4.2	Máximo valor de la función objetivo usando como indicadores el VAN y el VET.....84

LISTA DE FIGURAS

ANEXO	TITULO	Página
1.1	Organigrama de la compañía de reforestación Los Nacientes.....	7
1.2	Fincas propiedad de la compañía Reforestación Los Nacientes.....	9
3.1	Esquema simplificado del proceso de formula- ción y evaluación de un proyecto de refores- tación desde la perspectiva privada.....	34a

LISTA DE ANEXOS

ANEXO	TITULO	Página
1.1	Información general sobre especies usadas, área actual de plantación por especie y porcentaje de mortalidad. Compañía Los Nacientes.....	97
2.1	Requerimientos ambientales de <u>Gmelina arborea</u> , <u>Eucalyptus deglupta</u> , <u>Bombacopsis quinatum</u> , <u>Cordia alliodora</u> y <u>Tectona grandis</u>	99
2.2	Características climáticas, edáficas y topográficas de las fincas propiedad de la compañía de reforestación Los Nacientes.....	105
2.3	Area total por finca y por calidad de sitio de acuerdo al incremento diamétrico y en altura registrado en parcelas permanentes de muestreo.....	108
3.1	Tablas de rendimiento preliminares para <u>Gmelina arborea</u> , <u>Eucalyptus deglupta</u> , <u>Bombacopsis quinatum</u> , <u>Cordia alliodora</u> y <u>Tectona grandis</u> en Costa Rica. 1990.....	109
3.2	Costos de establecimiento y mantenimiento de plantaciones de <u>Gmelina arborea</u> , <u>Eucalyptus deglupta</u> , <u>Bombacopsis quinatum</u> , <u>Cordia alliodora</u> y <u>Tectona grandis</u> durante los primeros cinco años. Costa Rica. 1990.....	121
3.3	Costos de aprovechamiento en plantaciones forestales en Costa Rica.....	136
3.4	Aspectos relevantes del cálculo de volúmenes comerciales de madera en rollo y precio de tales productos.....	137
3.5	Modelo de transporte de madera en camión.....	141

	Página
3.6	Ingresos esperados por hectárea y por índice de sitio en plantaciones de <u>Gmelina arborea</u> , <u>Eucalyptus deglupta</u> , <u>Bombacopsis quinatum</u> , <u>Cordia alliodora</u> y <u>Tectona grandis</u> en Costa Rica. 1990.....142
4.1	Matriz de programación lineal.....150
4.2	Cuadros generados por el programa QSB para las soluciones óptimas.....156

INTRODUCCION

En Costa Rica, la reforestación empezó a despertar el interés de finqueros y empresarios a partir de 1979 con la puesta en marcha de los incentivos forestales. De acuerdo a las estadísticas de la Dirección General Forestal, hasta 1988 habían en el país 23089 hectáreas reforestadas de las cuales el 1.2% fueron establecidas entre 1964 y 1978 y el 98.8% entre 1979 y 1988 (Dirección General Forestal, 1989).

Estos incentivos fueron establecidos en la Ley Forestal N°4465 del 25 de noviembre de 1969 (Costa Rica, 1969). Sin embargo, el programa empezó a ejecutarse a partir de 1979.

Antes de 1979, la inversión en reforestación era insignificante pues la actividad no era concebida como una alternativa económica capaz de generar una rentabilidad que compitiera con otras actividades del sector agropecuario.

Del área total plantada hasta 1988, el 84% fue establecida por propietarios particulares haciendo uso de los incentivos estatales, un 8% se estableció con recursos propios de los productores, un 6% con crédito y un 2% bajo el auspicio de organismos financieros internacionales (Dirección General Forestal, 1989).

Posiblemente, el hecho de que la mayor parte de los reforestadores han hecho uso de los incentivos que ofrece el Estado, ha contribuido a que éstos no se preocupen por la rentabilidad económica de dichas plantaciones. No obstante, después de 10 años de experiencia en reforestación y bajo el riesgo de que el programa de incentivos forestales sea afectado por la no disponibilidad de recursos económicos por parte del Estado, se hace

necesario generar información técnica y económica que apoye las decisiones de inversión en el sector.

Esta información es importante para el productor y para el Estado. Para el primero, es una herramienta que le permite seleccionar la alternativa que le genere mayor beneficio de acuerdo a sus objetivos. Al Estado, al que le corresponde establecer la política de incentivos para reforestación, le brinda información sobre los factores que condicionan la rentabilidad de cada una de las especies. Esto le permite hacer una asignación más eficiente de los recursos de que dispone para apoyar el programa de reforestación nacional.

Contar con información sobre la rentabilidad que ofrece un proyecto de reforestación es importante para que el inversionista tome decisiones acerca de cuánto invertir y cuán rentable es el mismo. Sin embargo, existen otros factores que influyen en tales decisiones. Por ejemplo, el mercado de los productos y la disponibilidad real de recursos como capital, mano de obra y tierra entre otros.

Una herramienta útil que permite considerar los objetivos del inversionista y las restricciones a las que está sujeta su actividad es la Programación Lineal (PL). Esta técnica matemática permite determinar la mejor asignación de los recursos limitados del productor en una combinación tal que se logre maximizar el objetivo económico del inversionista.

A fin de aplicar la PL al caso de una empresa dedicada a la actividad forestal, específicamente a la reforestación, se seleccionó a la compañía Los Nacientes. Esta fue elegida porque: a) tiene como objetivo fundamental el producir madera para aserrío en forma permanente y su meta es establecer un modelo de producción forestal con

integración del bosque y la industria y b) los funcionarios de la misma están dispuestos a suministrar toda la información necesaria para realizar el presente estudio.

La compañía Los Nacientes se dedica a la reforestación de terrenos de aptitud forestal desde 1986 y ha reforestado hasta 1990 un total de 5525 ha. Los terrenos de la compañía se localizan en el Pacífico Seco y la Zona Norte; las especies seleccionadas por la compañía para reforestar son: la melina (Gmelina arborea), el deglupta (Eucalyptus deglupta), el pochote (Bombacopsis quinatum), el laurel (Cordia alliodora) y la teca (Tectona grandis).

La información generada en este estudio se presenta en cuatro capítulos. En el primero de ellos aparece la caracterización de la compañía Los Nacientes; el segundo muestra los resultados de la clasificación de los terrenos de la misma con base en la calidad de sitio. Los aspectos de orden económico se presentan en el capítulo tres mostrando los indicadores que permiten tener una idea de la bondad económico del proyecto y el último capítulo resume la información sobre los resultados de la aplicación de la PL y su aplicabilidad al caso en estudio.

Los objetivos planteados en el presente estudio fueron:

Objetivos Generales

1. Determinar la rentabilidad económica de plantaciones de Melina (Gmelina arborea), Deglupta (Eucalyptus deglupta), Pochote (Bombacopsis quinatum), Laurel (Cordia alliodora) y Teca (Tectona grandis) en zonas seleccionadas de Costa Rica.

2. Determinar, mediante un modelo de Programación Lineal, una combinación de los recursos disponibles por la compañía reforestadora Los Nacientes que optimice el uso de tales recursos en función de una mayor rentabilidad de la inversión de la compañía en sus plantaciones forestales.

Objetivos específicos

1. Recopilar y analizar información sobre la compañía reforestadora Los Nacientes que permita conocer la situación actual de la empresa y oriente en la selección de las variables a usar para la elaboración del modelo de programación lineal.

2. Establecer una clasificación de los terrenos propiedad de la compañía con base en las características climáticas, topográficas y edáficas predominantes en el área.

3. Elaborar perfiles de costos de establecimiento y mantenimiento de plantaciones forestales e ingresos directos obtenidos a lo largo del ciclo de producción.

4. Analizar la información disponible sobre costos de establecimiento y mantenimiento de plantaciones forestales a fin de identificar aquellos factores que influyen en el aumento de dichos costos.

5. Para aquellas especies que lo requieran, construir tablas de rendimiento de carácter preliminar que sirvan de base para el cálculo de ingresos necesario para el presente trabajo.

6. Determinar dentro de cuáles límites de rendimiento de las especies, costos de establecimiento, manejo y aprovechamiento de las plantaciones es económicamente rentable la inversión directa y producción de tales especies.

7. Construir un modelo de Programación Lineal que oriente sobre una adecuada asignación de los recursos con que cuenta la empresa y que considere las limitaciones o restricciones que se le presentan a la misma.

CAPITULO I

CARACTERIZACION DE LA COMPAÑIA DE REFORESTACION LOS NACIENTES

1.1 Objetivos de la compañía

La compañía Los Nacientes inició sus actividades en 1986 con el objetivo principal de reforestar terrenos de aptitud forestal con miras a la utilización industrial de la materia prima producida. El producto principal a obtener es madera para aserrió.

En términos económicos su objetivo es obtener la máxima rentabilidad de la inversión. Para ello, la compañía se ha propuesto funcionar bajo un sistema de integración bosque-industria. Su meta es contar con una industria que procese en forma rentable los productos que se obtengan de las plantaciones, sobre todo aquellos de pequeñas dimensiones.

La meta de reforestación anual establecida por la compañía a partir de 1991 es de 1200 hectáreas a fin de reforestar durante el período 1991-1998 un total de 9600 hectáreas. El área total a reforestar (1986-1998) será de 15125 ha.

1.2 Organigrama de la compañía

En la Figura 1.1 se presenta el organigrama de la compañía. Se observa que la compañía tiene cuatro departamentos: producción forestal que abarca las tres zonas donde se localizan los terrenos propiedad de la empresa y la Gerencia Técnica; el departamento industrial, el departamento de mercadeo y ventas y el departamento de administración financiera.

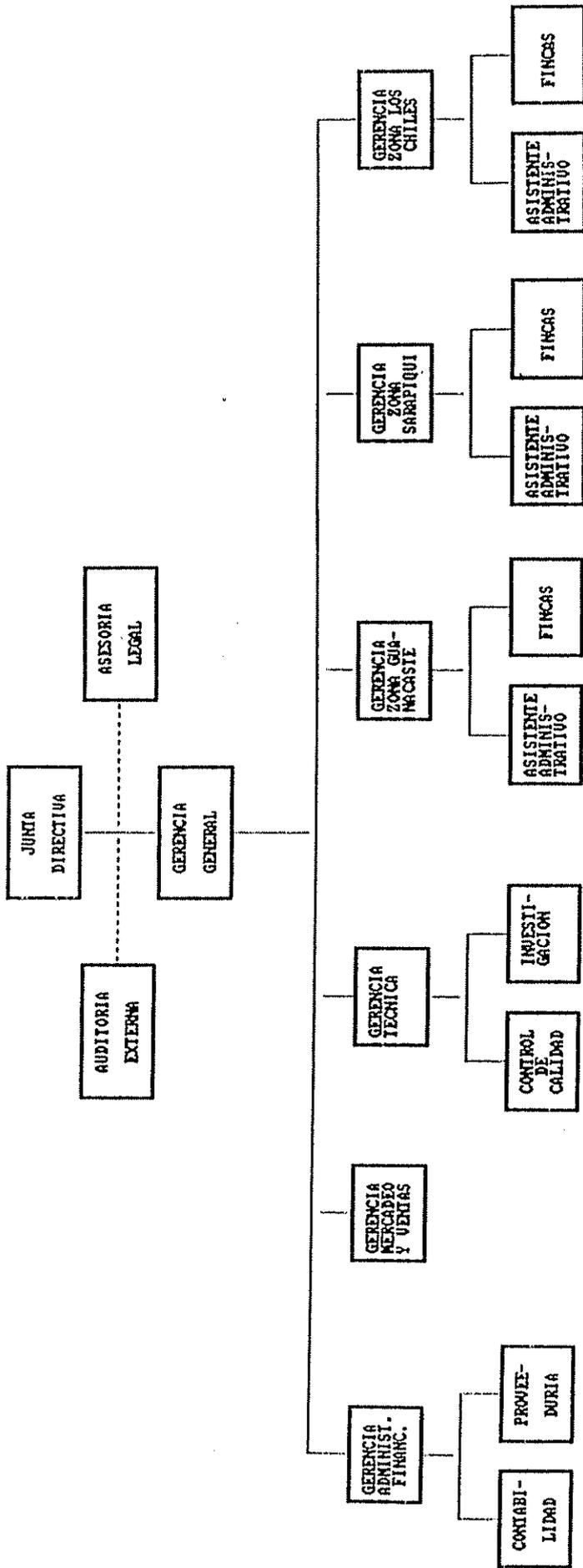


Figura 1. ORGANIGRAMA DE LA COMPAÑIA LOS MACIENES FORESTAL S.A.

El departamento de producción forestal tiene a su cargo tres componentes: viveros, plantaciones forestales y diversificación agrícola. El presente estudio se concentró en el trabajo que realiza tal departamento en plantaciones forestales.

1.3 Terrenos de la compañía

Hasta 1990 el área total de las propiedades de la compañía asciende a 9545 ha, de las cuales 6838 han sido clasificadas por los técnicos de la empresa como aptas para reforestar y las restantes 2707 ha son áreas boscosas y zonas de protección. El 86% del área total es propiedad de la empresa y el 14% corresponde a terrenos que han sido arrendados (Anexo 1.1).

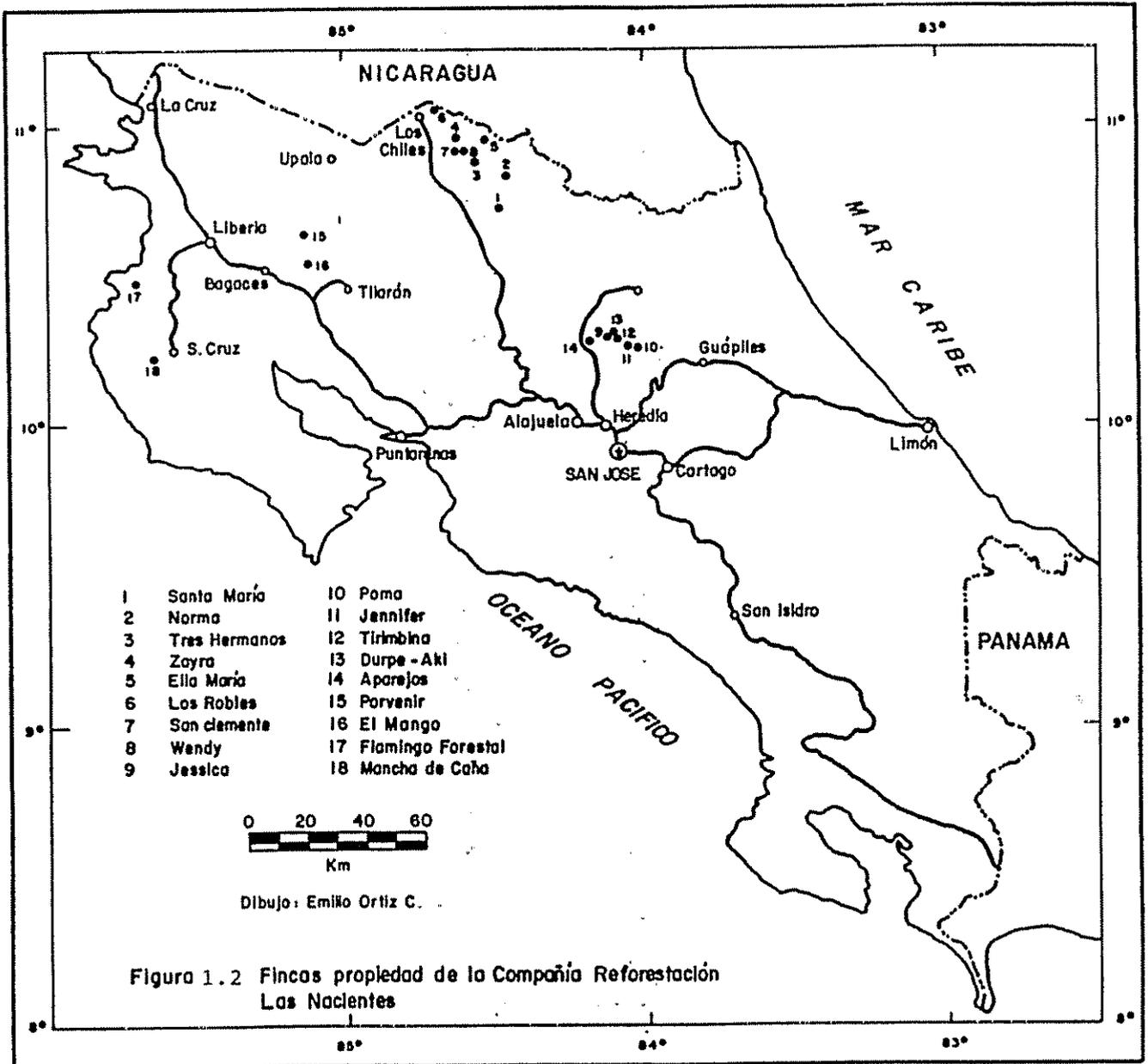
En total la compañía cuenta con 18 fincas, éstas se localizan en las provincias de Guanacaste, Heredia y Alajuela presentando un área total por provincia de 3408 ha, 1437 ha y 4700 ha respectivamente (Figura 1.2).

1.4 Recurso Forestal

Del área total con que cuenta la empresa se han reforestado hasta julio de 1990 un total de 5525 ha y quedan por reforestar 1313 ha durante 1991. El Cuadro 1.1 presenta información sobre el área total reforestada por año, por zona y por especie.

Para alcanzar la meta global de reforestación de la compañía (15125 ha), ésta debe adquirir mediante compra, arrendamiento o cualquier otro medio un total de 8287 ha.

En el Cuadro 1.1 se observa que las especies actualmente usadas para la reforestación son: melina con un 67% del área reforestada (3683 ha), pochote con un 29% (1610 ha) y laurel que ocupa solamente el 4% del área



CUADRO 1.1

AREA TOTAL (HA) REFORESTADA POR AÑO, ZONA Y ESPECIE.
LOS NACIENTES, COSTA RICA. 1990.

AREA POR ZONA Y ESPECIE (HA)						
AÑO	SARAPIQUI		LOS CHILES	GUANACASTE		TOTAL
	MELINA	LAUREL	MELINA	MELINA	POCHOTE	
1986	158	205	0	0	0	363
1987	125	27	0	175	280	607
1988	156	0	442	180	973	1751
1989	46	0	575	198	357	1176
1990	80	0	1548	0	0	1628
1991	0	0	1313	0	0	1313
TOTAL	565	232	3878	553	1610	6838

FUENTE: Archivos Compañía Los Nacientes y trabajo de campo.

reforestada (232 ha). Estas fueron seleccionadas por los técnicos de la compañía por considerarse las más adecuadas a las condiciones climáticas, edáficas y fisiográficas de cada zona.

Sin embargo, los terrenos propiedad de la compañía no han sido clasificados en cuanto a su productividad de acuerdo a las especies usadas. Por tanto, la compañía asume que la productividad potencial de los terrenos es la misma.

La compañía proyecta incorporar dentro de sus planes de reforestación la teca y el deglupta, ambas especies para ser plantadas en la zona de Los Chiles. La primera se seleccionó por la calidad de su madera y la segunda por su rápido crecimiento.

1.5 Situación económica

Para la reforestación la empresa cuenta actualmente con dos fuentes de capital. Por un lado, el incentivo que brinda el Estado a los reforestadores llamado Certificado de Abono Forestal (CAF), el cual cubre los costos de mano de obra e insumos para el establecimiento y mantenimiento de la plantación durante los primeros cinco años de la misma y por otro lado, el capital de la empresa. Una tercer fuente de capital será el crédito forestal, una vez que la Banca Estatal lo ponga a disponibilidad de los empresarios.

El monto del CAF asignado por el Estado es de ₡90000 por hectárea para los primeros cinco años de la plantación y éste es entregado al reforestador de la siguiente forma: 50% del monto para gastos del primer año, 20% para el año dos, 15% para el año 3, 10% para el año 4 y 5% para el quinto año (Costa Rica 1986).

En cuanto al análisis de la rentabilidad financiera del proyecto usando las diferentes especies en cada zona, la compañía cuenta con datos muy preliminares. Esta información es insuficiente para tener claridad en la toma de decisiones sobre qué especies plantar, en qué sitios y cuánta área plantar.

1.6 Personal de la compañía

El personal de la compañía se puede clasificar de la siguiente manera:

a) Personal técnico: incluye los ingenieros que trabajan tanto en las oficinas centrales como en las tres zonas de desarrollo de la compañía.

b) Personal administrativo: incluye los gerentes, los contadores, las secretarias y el personal de apoyo administrativo.

c) Personal obrero: éste se clasifica en permanente y temporal.

d) Personal de apoyo: incluye choferes, mensajeros y misceláneos.

Por las características del presente estudio se incluye el detalle por zona del personal en campo o personal obrero. En Guanacaste se cuenta con una planilla fija de 10 hombres, en Los Chiles con 17 hombres y en Sarapiquí con 14 hombres.

1.7 Conclusiones

1. La compañía no ha hecho una clasificación de sus terrenos, previo a la plantación, que le permita estimar el rendimiento en volumen de madera a obtener en cada una de las fincas.

2. La empresa está interesada en seleccionar las especies a plantar por zona de acuerdo con la mejor alternativa financiera.

3. La empresa cuenta con un análisis financiero preliminar para las especies, considerando únicamente una producción promedio. Sin embargo, el no tener hasta ahora una estimación de las áreas según la calidad de sitio y el no contar con un análisis financiero acorde con el potencial productivo de cada área limita su conocimiento financiero sobre la actividad.

4. Los recursos de tierra, capital y mano de obra con que cuenta la compañía son limitados, por tanto es necesario que ésta dé el mejor uso posible a esos recursos a fin de lograr la mayor rentabilidad.

CAPITULO II

CLASIFICACION DE LOS TERRENOS DE LA COMPAÑIA DE REFORESTACION LOS NACIENTES

2.1 Antecedentes

En el campo forestal un "sitio bueno" para el desarrollo de una especie es definido como aquel en donde la relación entre los factores edáficos, geográficos y climáticos es favorable para el crecimiento de la misma (Pritchett 1986).

Entonces, la capacidad de un terreno para producir bosques u otro tipo de vegetación es el producto de la interrelación de los factores físico-biológicos. Esta capacidad de producción es denominada "calidad de sitio".

Las especies forestales difieren en cuanto a sus requerimientos ambientales. Por ello, es necesario contar con una descripción detallada de las condiciones edáficas, topográficas y climáticas de las áreas a reforestar, además de contar con suficiente información sobre los requerimientos de las especies. Esto permitirá clasificar los terrenos de acuerdo a las necesidades de cada especie y planificar mejor el uso de los terrenos forestales dentro de la finca.

Para identificar sistemáticamente los sitios con diferentes calidades, se requiere que cada especie cuente con la siguiente información:

a) Curvas de índice de sitio que establezcan los rangos en el crecimiento de la especie de acuerdo a la edad y para una región dada.

b) Tablas de rendimiento que cuantifiquen el volumen de madera a producir por índice de sitio y el plazo en que se producirá.

c) Modelos matemáticos que relacionen la producción de un sitio con las características ambientales del mismo.

Este último punto permite la clasificación de terrenos desprovistos de vegetación. En Costa Rica estudios de esta naturaleza se han realizado con Cupressus lusitanica (ciprés) (Alfaro 1983), Gmelina arborea (melina) (Obando 1989) y Bombacopsis quinatum (pochote) (Navarro, 1988).

Por otro lado, cuando no se cuenta con este tipo de estudios a nivel de la región donde se desea plantar una determinada especie, se puede trabajar con base en las características limitantes para el desarrollo de ésta que reportan diferentes autores en otros sitios y con ello predecir, en forma aproximada, si el crecimiento de la especie se verá limitado o no. Algunos estudios de este tipo son el de Akinsanmi (1985) para teca en Nigeria, el de Chijioke (1988) para melina y el de Giraldo et al (1980) con laurel en Colombia entre otros.

2.2 Métodos y Materiales

2.2.1 Requerimientos ambientales de las especies forestales.

Se realizó una revisión bibliográfica con el fin de identificar los factores climáticos, edáficos y fisiográficos que se reportan como limitantes severas para el desarrollo de las especies de interés en el presente estudio.

A nivel de los factores edáficos, se dió énfasis a las características físicas por ser éstas las que se han considerado más importantes en estudios forestales de carácter preliminar.

Con el fin de observar en el campo el comportamiento de las especies en plantaciones establecidas hace 5 años o más y verificar en el terreno el efecto de los factores ambientales reportados como limitantes, se visitaron los proyectos que aparecen en el Cuadro 2.1.

CUADRO 2.1

UBICACION Y ESPECIES USADAS EN LOS PROYECTOS DE REFORESTACION VISITADOS. COSTA RICA.

PROYECTO	UBICACION	ESPECIE
EL TECAL	Quepos, Puntarenas	Teca
LOS DIAMANTES	Aranjuez, Puntarenas	Teca, melina y pochote
MONTEZUMA	Cañas, Guanacaste	Melina
GABI	Sarapiquí, Heredia	Melina y laurel

2.2.2. Visita a las fincas propiedad de la compañía

Se visitó cada una de las fincas propiedad de la compañía y cada una de ellas se recorrió en compañía del Ingeniero Forestal a cargo de la misma y con el capataz.

Previo a las visitas se estudió tanto los mapas de pendientes y de uso anterior de la tierra, como la información edáfica y climática existente para cada caso. En el campo, se verificó la información y se clasificó cada zona de acuerdo a las características climáticas,

topográficas y edáficas dominantes. Para estas últimas, se consideraron solo las características físicas del suelo.

En cuanto a las variables químicas del suelo, los estudios a nivel de requerimientos nutricionales de las especies son escasos y el uso de estas variables es de alto costo para la clasificación de terrenos. Sin embargo, la información sobre éstas se analizó para cada finca a fin de identificar si alguna podría a mediano o largo plazo convertirse en una restricción severa para el desarrollo de las especies.

Durante las visitas se observó el estado actual de las plantaciones. En aquellas fincas donde se establecieron Parcelas Permanentes de Muestreo (PPM) entre 1986 y 1987, la información se usó para comparar el crecimiento en diámetro y altura con el definido por Ugalde (1990), quien establece el ámbito de crecimiento de las especies para Centro América. Como resultado se ubicó las diversas plantaciones dentro de un ámbito de crecimientos que va de bajo hasta alto.

2.2.3 Clasificación de terrenos

Como base para la clasificación de los terrenos de la compañía se tomó el conjunto de los factores climáticos, edáficos y topográficos identificados como limitantes para el desarrollo de las especies forestales y las características de las fincas.

Con base en la revisión de literatura se estableció previamente tres categorías: sitios buenos (Calidad I), sitios regulares (Calidad II) y sitios malos (Calidad III). Bajo esta clasificación los sitios corresponden a rendimientos esperados al final del turno, es decir altos, medios y bajos respectivamente.

Para efectos de la clasificación, no se consideró las variables en forma individual, ya que en el campo se puede observar áreas que presentan una sola de esas características limitantes y la especie presenta un buen desarrollo. Por tanto, se optó por usar el siguiente procedimiento para realizar la clasificación:

a) Para designar un sitio como de calidad I, éste debe presentar solamente uno de los factores ambientales identificados como limitantes según sea la especie a plantar. En esta categoría se encuentran también aquellos terrenos que no presentan ninguna limitación al desarrollo de las especies.

b) Un sitio denominado como de calidad II es aquel que presenta dos de los factores ambientales identificados como limitantes.

c) Un sitio denominado como de calidad III es aquel que presenta tres o más de los factores ambientales identificados como limitantes.

A todos los factores ambientales identificados como limitantes se les asignó el mismo peso a la hora de la clasificación. Lo anterior, debido a que la información disponible sobre el comportamiento de las especies en un amplio rango de condiciones ambientales es limitada.

2.3 Resultados y discusión

2.3.1 Requerimientos ambientales de las especies.

Con base en la revisión de literatura se identificó algunas condiciones climáticas, edáficas y topográficas que se han reportado como limitantes para el crecimiento óptimo de las especies. En el Anexo 2.1 se presentan los

resultados de tal revisión para las cinco especies de interés para la empresa.

Después de analizar la información bibliográfica y compararla con la información recopilada en el campo, se identificaron los factores que se considerarán en este estudio como los limitantes para el desarrollo de las especies. Estos aparecen en el Cuadro 2.2.

a) Factores climáticos

PRECIPITACION. Debe considerarse el volumen anual de lluvia y la distribución de ésta a través del año. Solo se cuenta con información detallada para el pochote, especie que se ve afectada por una precipitación anual inferior a los 1500 mm y en sitios cuyo período seco es de cuatro meses o más (menos de 30 mm de lluvia mensual) (Navarro 1988).

VIENTO. Para la melina se reporta su susceptibilidad al viento, en áreas donde éste provoca que las copas de los árboles tomen porte de bandera y los troncos se inclinen.

b) Factores topográficos

PENDIENTE. La pendiente juega un papel importante, ya que en sitios con fuertes pendientes el crecimiento se reduce.

CUADRO 2.2

RESUMEN DE LAS CARACTERISTICAS TOPOGRAFICAS, EDAFICAS Y CLIMATICAS QUE LIMITAN EL DESARROLLO DE LAS ESPECIES FORESTALES EN ESTUDIO.

ESPECIE	FACTOR AMBIENTAL	CONDICION LIMITANTE
MELINA	Precipitación	=< 1300 mm por año.
	No. de meses secos	>= 5 meses por año.
	Viento	Velocidad >= 30 km por hora en forma permanente.
	Drenaje	Imperfecto. Areas inundadas.
	Penetrabilidad del suelo Profundidad del suelo	Suelos compactados por el uso ganadero. Capas duras a poca profundidad.
DEGLUPTA	Drenaje	Imperfecto. Areas inundadas.
	Penetrabilidad del suelo	Suelos compactados por el uso ganadero.
	Profundidad del suelo	Capas duras a poca profundidad.
	Plantas competidoras	Competencia con gramíneas.
	Contenido de arcilla en el suelo	>= 40%
POCHOTE	Precipitación	=< 1300 mm por año.
	No. de meses secos	>= 5 meses por año.
	Pendiente	>= 40%
	Drenaje	Imperfecto. Areas inundadas.
	Penetrabilidad del suelo	Suelos compactados por el uso ganadero.
	Profundidad del suelo	Capas duras a poca profundidad.
LAUREL	Contenido de arcilla en el suelo	>= 40%
	Drenaje	Imperfecto. Areas inundadas.
	Penetrabilidad del suelo	Suelos compactados por el uso ganadero.
	Profundidad del suelo	Capas duras a poca profundidad.
TECA	Plantas competidoras	Competencia con gramíneas.
	Drenaje	Imperfecto. Areas inundadas.
	Profundidad del suelo	Capas duras a poca profundidad.
	Contenido de arcilla en el suelo	>= 40%
	Contenido de arena en el suelo	>= 50%

FUENTE: Anexo 2.1.

c) Factores edáficos

DRENAJE. El drenaje deficiente se reporta como limitante para el desarrollo de todas las especies.

COMPACTACION. Por lo difícil que es cuantificar en el campo la compactación, se usó como indicador el uso anterior estableciendo dos categorías: se consideró como áreas compactadas aquellas que han permanecido bajo uso ganadero por un período igual o mayor a 10 años. Algunas de las fincas han estado bajo este uso hasta por 30 años. En la categoría de áreas no compactadas se incluyó las áreas cuyo uso anterior fue charral, tacotal y bosque intervenido.

La compactación de los suelos al igual que el drenaje deficiente pueden corregirse mediante un manejo adecuado (romper el terrenos mediante el arado y construcción de drenajes).

PROFUNDIDAD DEL SUELO. Para todas las especies se reporta la intolerancia a suelos poco profundos, con capas duras (hardpans).

TEXTURA. En cuanto a la textura, se reporta que suelos arcillosos limitan el desarrollo de las especies. Vale aclarar que ninguna de las especies en estudio tolera suelos con características vérticas. Esta variable será trabajada en función del porcentaje de las fracciones del suelo (% de arcilla, arena y limo). En el caso de la teca se encontró que en suelos arenosos también la especie reduce su crecimiento (Akinsanmi 1985).

Solo para el pochote se ha detectado que en terrenos que presenten porcentajes de arcilla que superen el 40% la especie se desarrolla más lentamente (Navarro 1988).

COMPETENCIA CON GRAMINEAS. Para el laurel y el deglupta se indica que la competencia con gramíneas limita fuertemente su crecimiento. Esta limitante puede ser manejada mediante un plan de limpieas y chapeas a realizar en forma oportuna.

2.3.2 Caracterización climática, fisiográfica y edáfica de las áreas reforestadas.

A continuación se presenta la caracterización climática, edáfica y fisiográfica de las propiedades de la empresa. En el Anexo 2.2 se presenta tanto la información tomada de los registros de la compañía como la información recopilada en el campo para los fines de este estudio.

a) Zona de Guanacaste

El 99.2% de los terrenos ubicados en esta zona han sido dedicados anteriormente a la ganadería, son terrenos sumamente compactados por el pisoteo de los animales. Esta característica ligada a fuertes pendientes, como en algunas áreas de las fincas Mancha de Caña y Flamingo Forestal, favorece la erosión de dichos suelos.

En las fincas El Porvenir y El Mango la pendiente no es limitante dado que los terrenos van de planos a ondulados.

En cuanto a los factores climáticos, la precipitación promedio anual en la finca El Mango es de 1300 mm, cifra que se localiza en el límite inferior de los requerimientos de las especies. Sin embargo, no es la cantidad el factor más importante, sino la distribución ya que la zona cuenta con un período seco entre 5 y 6 meses. En este caso y en la finca Flamingo Forestal, se presenta durante 5 meses al año una precipitación menor a 30 mm, la cual se considera limitante para el óptimo desarrollo de las especies.

Un factor de suma importancia en la finca El Mango es el viento, el cual alcanza velocidades que limitan la capacidad de uso de la tierra (Pereira, 1988).

En algunos sectores de la finca El Mango, los porcentajes de arcilla superan el 60% y en la mayor parte del área tal porcentaje supera el 40%. Aquellas áreas cuyos suelos presentan características vérticas, fueron excluidas para la reforestación.

En la finca Flamingo Forestal el 30% de los suelos del área (100 ha) presenta porcentajes de arena iguales o superiores al 60%.

La composición granulométrica de los terrenos de las otras fincas va de franco arenosa a franco arcillosa.

El pH de estos suelos oscila entre 6.4 y 7.2, considerados como neutros-alcalinos y el porcentaje de saturación de acidez es inferior al 5%, cifra que se considera baja. Por tanto, desde el punto de vista de la acidez del suelo, ésta no representa una limitante en la zona.

Excepto en la finca El Porvenir, los suelos de las otras fincas presentan bajo contenido de bases y, en general, un bajo potencial nutricional. Los contenidos de materia orgánica son moderados excepto en el Porvenir donde son muy bajos; el contenido de fósforo es bajo en toda la zona.

b) Zona de Sarapiquí

De las 797 ha reforestadas en esta zona, el 31% era anteriormente tacotal y bosque intervenido y el restante 69% era dedicado a la ganadería. No se observa erosión en la mayor parte de los terrenos dado que la topografía va de

plana a ondulada y solamente un área pequeña de la finca Los Aparejos presenta pendientes superiores al 40%.

En cuanto a los factores climáticos éstos no se consideran limitantes para las especies plantadas en la zona. El número de meses secos al año va de 0-1 y aunque la literatura reporta que la melina requiere de 2-4 meses secos por año, el desarrollo que muestra la especie en la zona es bueno.

No se presentan en la zona problemas de viento .

La finca Jessica presenta en toda su extensión porcentajes de arcilla superiores al 40% y Durpe-Aki (con la que limita) presenta esta característica en el 30% de su área.

La textura en las otras fincas de la zona va de franca a franco-arcillosa. Todas las fincas presentan suelos profundos, sin problemas de capas duras (hardpans) u otras limitantes físicas para el desarrollo radicular. El drenaje es bueno excepto en un área de 25 ha en la finca Los Aparejos, la cual se inunda periódicamente; ésta fue excluida para reforestación.

El pH de estos suelos oscila entre 4.4 y 5.9 y el mayor porcentaje de saturación de acidez lo presentan las fincas Jessica y Durpe-Aki, sin llegar a valores considerados como limitantes para el desarrollo de cultivos permanentes como el forestal.

En esta zona los terrenos cuyo uso anterior fue tacotal o bosque intervenido muestran mayor contenido de materia orgánica, mayor cantidad de bases y una mayor capacidad efectiva de intercambio de cationes (CICE) la cual indica una elevada potencialidad nutricional. Las áreas en uso ganadero, muestran bajo contenido de bases y de materia orgánica; en todas las fincas se presentan muy bajos contenidos de fósforo.

Uno de los factores que deberá ser evaluado a mediano plazo es el elevado contenido de hierro (Fe) presente en toda el área de las fincas Durpe-Aki (300-500 ppm) y Jenifer (600 ppm).

c) Zona de Los Chiles

El 61% (2366 ha) de los terrenos propiedad de la compañía en esta zona estaban dedicados anteriormente a la ganadería y el área restante (1512 ha) estaba ocupada por charrales y tacotales.

En cuanto a las condiciones climáticas, la precipitación promedio anual en la zona y el número de meses secos por año se encuentran dentro del ámbito que la literatura reporta como óptimo para el desarrollo de las especies forestales usadas en la zona para reforestar (melina, teca, pochote y deglupta). No se presentan problemas de viento.

Los suelos de esta zona presentan problemas de drenaje, sobre todo en áreas planas. Cuando el relieve es ondulado no se presenta esta limitación. Sin embargo, dado que la textura predominante en las fincas de la zona es la arcillosa, debe preverse un crecimiento no óptimo cuando se combinan estas dos características. En algunos sectores de las fincas Norma, Wendy y San Clemente el porcentaje de

arcilla en el suelo es de 50% y más, llegando hasta 76% en la última.

Los suelos en todas las fincas son profundos sin barreras físicas que limiten el crecimiento de las especies, excepto el nivel freático elevado. En el 65% de los terrenos podrían mecanizarse las operaciones.

Aquellas áreas que permanecen inundadas en forma permanente durante el año fueron excluidas de los planes de reforestación de la compañía.

En conclusión, las características físicas de los suelos en todas las fincas de la zona son muy semejantes.

El pH de los suelos oscila entre 5.0 y 6.3 y el valor de saturación de acidez muestra que no hay problemas de acidez. Sin embargo, se presentan valores muy elevados de Fe (100-350 ug/ml) en fincas Wendy, San Clemente, Elia María, Santa María, Zayra y Los Robles (localizadas en el cantón de Los Chiles) y Mn (100-200) en San Clemente.

La característica anterior combinada con un nivel freático detectado a 45 cm de profundidad y superior en épocas de alta precipitación, podría provocar problemas ya que inundaciones periódicas favorecerían la toxicidad de los microelementos antes citados.

El contenido de bases los suelos y de materia orgánica es alto. Cabe destacar que las fincas Los Robles y Wendy tienen niveles elevados de fósforo y que por el contrario los suelos de las otras fincas presentan deficiencia de este elemento.

2.3.3 Clasificación de terrenos

En el Cuadro 2.3 aparece el área de cada una de las fincas que es afectada por los factores ambientales considerados para este estudio como los limitantes para el desarrollo de las especies. El cuadro presenta el número de restricciones por finca, el cual de acuerdo a la metodología propuesta para la clasificación, orienta en la ubicación de cada área según su calidad de sitio.

A fin de contar con un elemento adicional para la clasificación de los terrenos de la compañía, se comparó el crecimiento en diámetro y altura de las especies en aquellas fincas cuyas plantaciones cuentan con más de tres años y donde se han instalado parcelas permanentes de muestreo. La información se presenta en el Anexo 2.3.

El Cuadro 2.4 presenta el área total disponible en las fincas de acuerdo a la calidad de sitio por especie. Dado que la melina es la única especie que se planta en las tres zonas de desarrollo de la compañía, este cuadro nos muestra que si todos los terrenos propiedad de la compañía se plantaran con esta especie, se dispone de 4126 ha de clase I, 1872 ha de clase II y 840 ha de clase III.

En el caso de las otras especies depende de la zona donde se han de plantar.

A continuación se presentarán los resultados por zona.

a) Guanacaste

Las tres especies usadas en la zona son melina, pochote y teca. Las características que tienen en común son: no toleran el drenaje deficiente, los suelos compactados y las capas duras presentes en el suelo.

CUADRO 2.3

AREA (HA) POR FINCA QUE PRESENTA CADA UNO DE LOS FACTORES LIMITANTES
PARA EL DESARROLLO DE LAS ESPECIES FORESTALES EN ESTUDIO.

ZONA	FINCA	FACTORES AMBIENTALES LIMITANTES POR FINCA						
		1	2	3	4	5	6	7
GUANACASTE								
	MANCHA DE CAGA		455		180		455	455
	EL PORVENIR		630	100			630	613
	EL MANGO	740	740	740		229	740	740
	FLAMINGO FORESTAL		338		34		338	338
SARAPIQUI								
	JESSICA					80	34	34
	DURPE-AKI					55	114	114
	LA POMA						26	26
	TIRIMBINA						56	56
	LOS APAREJOS				25		277	277
	JENNIFER				12		42	42
LOS CHILES								
	SANTA MARIA					50	100	100
	NORMA					400	450	450
	TRES HERMANOS					75	220	220
	SAYRA					96	390	390
	ELIA MARIA					169	200	200
	LOS ROBLES					75	150	150
	SAN CLEMENTE					465	462	462
	WENDY					735	400	400
TOTAL		740	2163	840	251	2429	5084	5067

FUENTE: DATOS DE CAMPO.

Nomenclatura:

1 = Precipitación \leq 1300 mm por año.

2 = # de meses secos \geq 5

3 = Viento con velocidad \geq 30 km/hora por periodos prolongados de tiempo.

4 = Pendientes \geq 40%

5 = Porcentaje (%) de arcilla \geq 40.

6 = Compactación del suelo debida al uso ganadero.

7 = Presencia de gramíneas (pastos) muy agresivos (competencia).

CUADRO 2.4

SUPERFICIE (HA) POR CLASE DE SITIO Y POR ESPECIE.

ZONA	ESPECIE	CLASE DE SITIO			SUPERFICIE TOTAL/ZONA (Ha) (*)
		SITIO I	SITIO II	SITIO III	
GUANACASTE					
	MELINA	0	1323	840	2163
	POCHOTE	0	1209	954	2163
SARAPIQUI					
	MELINA	248	549	0	797
	LAUREL	0	248	549	797
LOS CHILES					
	MELINA	3878	0	0	3878
	DEGLUPTA	1168	983	1727	3878
	TECA	2151	1727	0	3878

FUENTE: Trabajo de campo.

(*) El área total disponible en cada zona se clasificó para cada una de las especies individualmente.

Es importante indicar que aunque el drenaje deficiente fue reportado como una de las principales limitantes para todas las especies, las áreas que presentaban esta característica en todas las fincas han sido excluidas de los planes de reforestación. Por ello no se incluyó como variable para calificar los sitios.

En esta zona los terrenos de las fincas no presentan problemas de drenaje ni de presencia de capas duras. Sin embargo, los suelos fueron clasificados como compactados, condición que no es favorable para el desarrollo de las especies.

La melina se ve limitada por el fuerte viento y en la zona el 52% de las áreas se ven afectadas en este sentido. Sin embargo, evaluando el efecto del viento en función del porte de bandera que toman los árboles, no se considera ésta como una variable que impida el desarrollo, sino que lo limita.

El pochote se ve limitada por los contenidos de arcillas superiores al 40%, las pendientes superiores al 40%, 4 o más meses secos con precipitación menor a 30 mm por mes y precipitación anual menor a 1500 mm. En la zona los contenidos de arcilla solo se podrían considerar limitantes en los suelos con características vérticas, los cuales fueron excluidos por la compañía para fines de reforestación.

El 10% (214 ha) de los terrenos en la zona presentan pendientes superiores al 40% y el número de meses secos en todas las fincas, está por encima del mínimo aceptable para la especie. En el caso de la finca El Mango, la precipitación anual está por debajo del mínimo reportado por la literatura.

La teca prefiere suelos francos; ve limitado su desarrollo en suelos con altos contenidos de arcilla y arena. Los suelos francos predominan en esta zona por lo que no se considera esta variable como limitante.

b) Sarapiquí

Las dos especies usadas en la zona son melina y laurel. Las características que tienen en común son: no toleran el drenaje deficiente, los suelos compactados y las capas duras presentes en el suelo.

En esta zona los terrenos de las fincas no presentan problemas de drenaje ni de presencia de capas duras. Sin embargo, el 69% de los suelos fueron clasificados como compactados, condición que no es favorable para el desarrollo de las especies.

El viento no es una limitante para el desarrollo de la melina en esta zona.

La presencia de gramíneas limita el crecimiento del laurel. Aunque esta variable puede ser manejada, en la zona la alta precipitación a través de todo el año favorece el crecimiento de las gramíneas incrementando la competencia con los árboles.

c) Los Chiles

Las tres especies usadas en la zona son melina, deglupta y teca. Las características que tienen en común son: no toleran el drenaje deficiente, los suelos compactados y las capas duras presentes en el suelo.

En esta zona los terrenos de las fincas no presentan problemas de drenaje ni de presencia de capas duras. Sin embargo, el 61% de los suelos fueron clasificados como compactados, condición que no es favorable para el desarrollo de las especies.

El viento no es una limitante para el desarrollo de la melina en esta zona.

La presencia de gramíneas limita el crecimiento del deglupta. Esta debe controlarse mediante el manejo adecuado de la plantación.

2.4 Conclusiones

1. De acuerdo a los resultados de la clasificación de los terrenos, existen áreas que clasifican como clase III o sea, sitios donde se esperan bajos rendimientos de las algamas de las especies.

2. Una vez que se cuente con estudios detallados de suelos de cada una de las fincas de la compañía y mayor información sobre los requerimientos ambientales de las especies, podrá afinarse la clasificación aquí presentada.

3. Debido a que la aplicación de prácticas silviculturales oportunas favorece el crecimiento de las especies y que la no aplicación de éstas, afecta el desarrollo de la plantación, al evaluar las características que limitan el crecimiento de las especies se debe reconocer el efecto de estas características sobre el desarrollo de las mismas y el efecto que el manejo dado a estas áreas tiene sobre éstas.

4. Con base en los resultados obtenidos, es posible afirmar que para la compañía es de suma importancia conocer

en forma detallada el potencial productivo de los terrenos que dedica a la reforestación ya que la productividad de éstos determina la cantidad de producto a obtener y, por ende, influye en la rentabilidad económica del cultivo forestal.

CAPITULO III

EVALUACION FINANCIERA DE LA INVERSION EN PLANTACIONES FORESTALES

3.1 Antecedentes

3.1.1 Inversión forestal

Algunos de los principales argumentos que se han utilizado en Costa Rica para promover la inversión en plantaciones forestales son: la creciente necesidad de producir madera para satisfacer la demanda nacional e internacional, la posibilidad de utilizar tierras de poco o ningún valor agrícola, la obtención de beneficios indirectos, entre ellos protección de suelos, agua, flora y fauna silvestre. Se recalca con ellos, que los beneficios para la sociedad serán significativos, sea por el aumento en el bienestar que supone el consumo local de los bienes a producir o por el aumento en el bienestar que supone el intercambio de estos bienes en el mercado internacional (Sage, 1986).

Para tomar la decisión de invertir, el propietario privado se apoya en criterios de orden financiero, buscando la alternativa de producción que le genere el mayor beneficio de acuerdo a los indicadores que él utilice y que le permitan alcanzar sus objetivos.

Se pueden señalar cuatro factores que influyen sobre la rentabilidad de la inversión en plantaciones forestales:

- a) Rendimiento de la especie seleccionada y ciclos de producción;
- b) Costos de establecimiento, manejo y aprovechamiento;
- c) Precio de los insumos y productos;

d) Distancia a los mercados o industrias.

La Figura 3.1 describe, en forma general, los pasos a seguir desde que surge en el individuo o grupo de ellos el interés por dedicarse a la reforestación, hasta la ejecución, control y evaluación del proyecto

Se observan en este esquema dos componentes principales: el estudio técnico y el estudio financiero. El primero brinda información sobre el tamaño y localización del proyecto así como del proceso de producción que mejor utiliza los recursos disponibles; define los requerimientos de tierra, capital, mano de obra, materiales y equipo en el proceso productivo y aporta los elementos básicos para el cálculo posterior de costos e ingresos. Todo proyecto en el que se desea invertir debe mostrar que es viable técnicamente.

Por su parte, el estudio financiero suministra información sobre la rentabilidad de la inversión y dá las pautas para la administración financiera del proyecto una vez que éste sea puesto en ejecución.

3.1.2 Estudios de rendimiento

Para realizar el análisis financiero de las inversiones en plantaciones forestales, es imprescindible contar con información técnica sobre el crecimiento y rendimiento de las especies arbóreas en diferentes sitios y bajo diferentes sistemas de manejo.

Esa información aparece en las denominadas Tablas de Rendimiento, las cuales se elaboran para cada especie en particular y por índice de sitio. En estas tablas se define un manejo de la plantación que, de acuerdo a la experiencia, es el que generará mayor rendimiento en volumen.

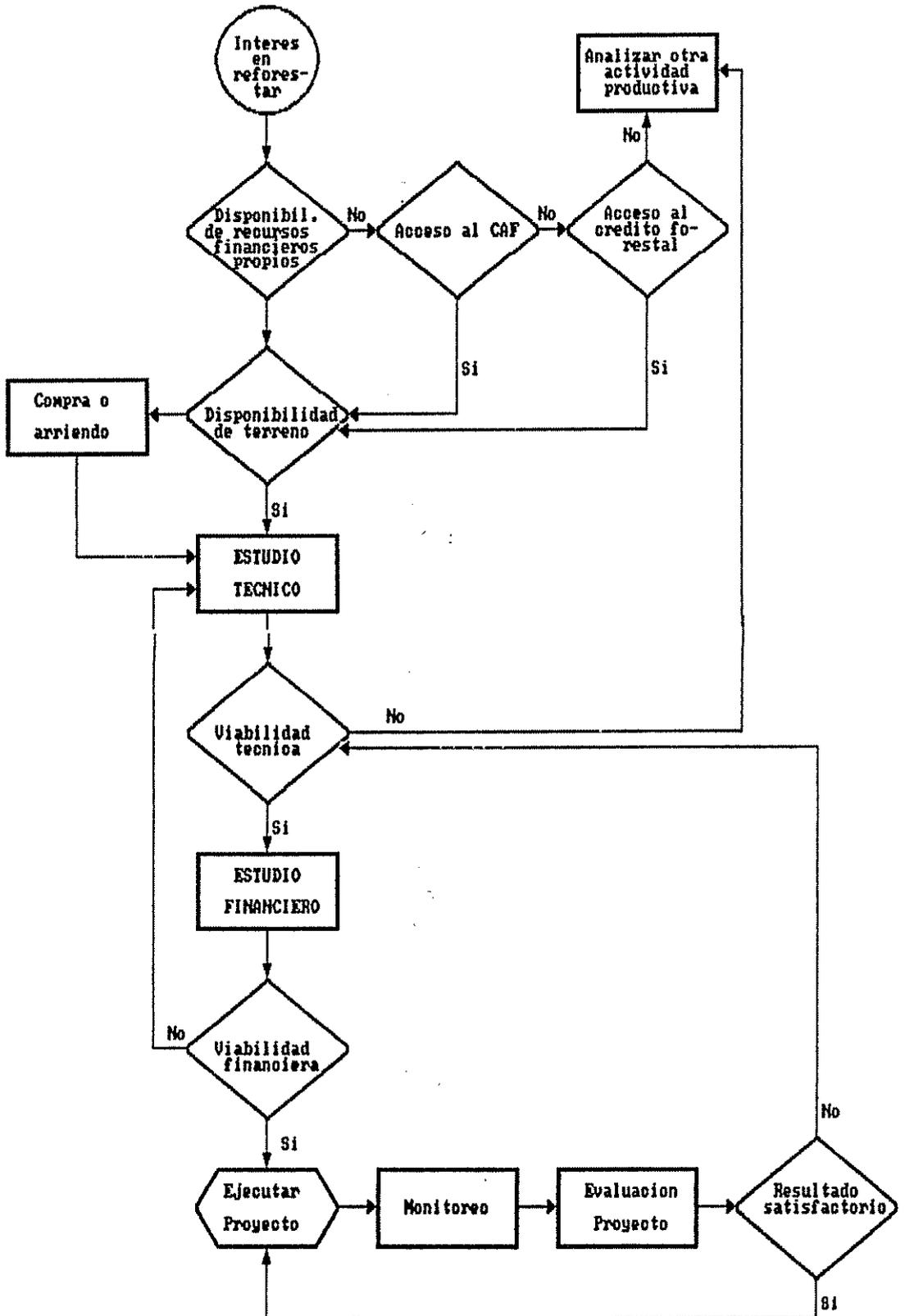


FIGURA 3.1. Esquema simplificado del proceso de formulación y evaluación de un proyecto de reforestación desde la perspectiva privada.

Uno de los aspectos de mayor importancia que es posible definir al contar con tablas de este tipo es el turno o edad de corta. La duración del turno es un factor determinante en la rentabilidad de todo proyecto ya que el tiempo tiene un costo, que en este caso es el costo del capital invertido.

En Costa Rica se han realizado algunos estudios que evalúan el crecimiento y el rendimiento de las siguientes especies forestales: pochote (Navarro 1988) , melina (Obando 1989, Jiménez 1985), laurel (McKenzie y Peck 1969).

Navarro (1988) y Obando (1989) identificaron algunas de las características climáticas, edáficas y fisiográficas que limitan el crecimiento de las especies. Esto permite estimar el índice de sitio en áreas que aún no han sido reforestadas y así es posible estimar el rendimiento de las especies.

3.1.3 Evaluación financiera

En la literatura que trata el tema de evaluación de proyectos se presentan dos tipos de análisis : el financiero y el económico. El primero se refiere al tipo de análisis que permite obtener una estimación de la rentabilidad comercial de un proyecto y es de interés para las entidades privadas. El segundo, se interesa por conocer la rentabilidad del proyecto pero desde el punto de vista de la sociedad (Gittinger 1972, Gregersen y Contreras 1978).

Desde el punto de vista privado, todo proyecto productivo debe ser evaluado financieramente a fin de obtener estimaciones de la rentabilidad entre alternativas. La información que produce tal evaluación dá al

inversionista elementos para la selección entre alternativas de acuerdo con los intereses del mismo.

Los indicadores más comúnmente usados en el análisis de proyectos son el Valor Actual Neto (VAN) también llamado Valor Neto Presente (VNP), la Tasa Interna de Retorno (TIR), el período de recuperación de la inversión. Estos representan formas de expresar la relación entre costos y beneficios y permiten caracterizar la eficiencia de un proyecto particular.

Otro criterio usado en el caso de proyectos forestales es el Valor Potencial del Suelo (VPS) llamado también Valor Esperado de la Tierra (VET), el cual determina el valor que se puede pagar por el terreno bajo el uso al que está siendo sometido (Gregory, 1976).

Para el cálculo de estos indicadores, se usa una tasa de descuento similar al valor alternativo del dinero invertido en actividades comparables por su riesgo o su manejo. Como referencia para la elección de la tasa de interés a usar en el estudio de un determinado proyecto, se puede tomar el porcentaje de interés al que se adquiere el crédito bancario sin incluir el efecto del costo de la inflación.

En Costa Rica la tasa de interés a la que ha trabajado el crédito en actividades forestales es del 8%. Sin embargo, la banca nacional dispone de capital limitado en esta línea de crédito, lo cual obliga a considerar la tasa de interés establecida para el crédito industrial que oscila entre el 28% y el 32% anual.

En el Cuadro 3.1 se presentan algunos estudios que estiman la rentabilidad comercial directa de varias especies forestales. Aparece información sobre la

inversión por hectárea, el turno, el objetivo de la plantación y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

3.2 Métodos y Materiales

3.2.1 Rendimiento de las especies

Se revisó la información técnico-silvícola publicada y disponible sobre el pochote, la melina, la teca, el deglupta y el laurel, con énfasis en estudios referentes a crecimiento y rendimiento de las mismas. La información aparece en el Anexo 3.1.

Considerando tales especies, en Costa Rica solo existen publicadas tablas de rendimiento preliminares para melina (Jiménez 1985) y teca (Lemckert 1983). Por tanto, con la información recopilada sobre laurel, pochote y deglupta se elaboraron tablas preliminares de rendimiento que permitieron estimar la producción esperada durante el turno de acuerdo a la calidad del sitio.

Previo a la elaboración de las tablas de rendimiento usadas en el presente estudio, se definieron dos aspectos fundamentales:

a) La frecuencia e intensidad de raleos se estableció con base en las experiencias preliminares generadas en el país con cada una de las especies. Este principio rige para los primeros raleos; en los siguientes raleos la norma fue mantener un área basal de 20 m²/ha, la cual se considera adecuada para mantener el vigor silvicultural de la masa residual.

CUADRO 3.1

RENTABILIDAD EN PROYECTOS FORESTALES

ESPECIE	LOCALIZACION DEL PROYECTO	PRODUCTO	TURNO (años)	INVERSION (\$/ha)	TIR (%)	REFERENCIA †
<u>Gmelina arborea</u>	Gambia-Senegal	Pulpa	10	600	18.4	6
	Gambia-Senegal	Aserrio	20	715	17.5	6
	Brazil-Amazonas	Pulpa	7	955	27.5	6
	Brazil-Amazonas	Aserrio	12	520	23.5	6
	Nigeria	Pulpa	15	3000	13.0	3
	Mali	Leña	12	1900	11.0	3
	Alto Volta	Aserrio	25	2000	16.0	3
<u>Eucalyptus deglupta</u>	Gambia-Senegal	Pulpa	7	1201	12.2	6
	Gambia-Senegal	Aserrio	10	1316	14.7	6
	Brazil-Central	Pulpa	7	1171	20.2	6
	Brazil-Central	Aserrio	19	1171	15.5	6
	Alto Volta	Desenrrollo	25	2000	16.0	3
<u>Bombacopsis quinatum</u>	Guanacaste, Costa Rica	Aserrio	26	1307	12.2-16.7 ††	5
<u>Cordia alliodora</u>	Ecuador	Aserrio	23	306-561	2.4-9.5 ††	2
	Limón, Costa Rica	Aserrio	20		10.7	4
	Heredia, Costa Rica	Aserrio	25		12.0-25.0 ††	7
<u>Tectona grandis</u>	Ecuador	Aserrio	35-45	306-488	5.4-12.0 ††	2
	Burma	Aserrio	60	250	20	3
	Colombia	Aserrio	20	805	5.5	1

† FUENTE:

- (1) Henao (1982)
- (2) Laso et al (1987)
- (3) McGaughey et al (1988)
- (4) McKenzie y Peck (1969)
- (5) Navarro (1988)
- (6) Sedjo (1983)
- (7) Solórzano (1979)

†† Depende de la calidad del sitio.

b) El turno elegido será el mismo para las tres calidades de sitio definidas en el trabajo. Lo anterior debido a lo preliminar de las tablas de rendimiento y a que algunas de éstas muestran un comportamiento irregular del IMA y del ICA.

3.2.2. Información sobre costos y precios

a) Costos de establecimiento y manejo de las plantaciones

Se revisó y analizó la información preliminar recopilada por De Camino y Navarro (1990) a nivel de Costa Rica y para las especies de interés en este estudio. El trabajo presenta los requerimientos de mano de obra e insumos y los costos de éstos durante los primeros cinco años de la plantación; abarca proyectos de reforestación establecidos antes de 1989.

Se revisaron los formularios individuales usados en el estudio de De Camino y Navarro (1990), agrupándolos por especie y región y se estableció las diferencias en los costos de establecimiento y manejo de la plantación de acuerdo a las condiciones del sitio. Durante el proceso de revisión se hizo lo siguiente:

1) Estandarizar los precios de compra de plantas e insumos (agroquímicos) según los precios reportados para 1989. Se elaboró una lista de precios para tal efecto, la cual aparece en el Anexo 3.2

2) Estandarizar el número de horas por jornal para realizar los cálculos; se usó 8 horas por jornal y el precio establecido por ley para éste es de ϕ 448.00 con un 44% de cargas sociales sobre éste.

3) Clasificar los sitios según la vegetación anterior existente en el terreno, el número de árboles plantados por hectárea y la pendiente para establecer las diferencias en cuanto a costos bajo tales condiciones.

4) Caracterizar el tipo de manejo por especie dado en cada zona del país donde se trabaja con las especies de interés a fin de elaborar los perfiles de costos para cada una de ellas.

El único costo considerado a partir del año 6 y hasta el final del turno es el de protección, el cual incluye protección contra incendios en la zona de Guanacaste y protección fitosanitaria para las tres zonas.

Solo se consideraron los costos directos de la inversión en reforestación. No se incluyeron los costos de administración ni el costo de la tierra, debido a que el presente estudio está dirigido al análisis de los componentes directos de la actividad de reforestación y al análisis de sus ventajas comparativas.

Por otro lado, se revisó la información disponible en la compañía Los Nacientes sobre los costos de establecimiento y mantenimiento de los primeros años para las especies. Sin embargo, la empresa lleva registro de costos en forma global y no especificados por actividad y por especie, por lo que tales datos no pudieron ser utilizados en el presente trabajo.

b) Precio de los productos forestales

Para el cálculo del precio de la madera en pie se procedió de la siguiente forma:

1) Se obtuvo la información sobre precios de la madera en rollo puesta en el patio del aserradero (PMPA). Esta se

obtuvo a través de entrevistas a miembros de la Cooperativa de Madereros del Sur (1), del Centro Agrícola Cantonal de Hojancha (CACH) (2) y de la Corporación de Desarrollo de San Carlos (CODEFORSA) (3). El precio fue dado en colones por "pulgada maderera tica" (pmt) que es la unidad de medida de la madera en Costa Rica.

En cuanto al precio pagado por pmt en patio de aserradero, se diferenció entre el precio pagado por madera joven (proveniente de los primeros raleos) y madera madura (proveniente de la corta final). Para ello se usó la información generada en el Aserradero Forestales Paso Llano ubicado en la provincia de Heredia.

2) Consultando a las mismas fuentes de información antes citadas, se obtuvo el costo de transporte (CT) por pmt de acuerdo a las distancias de transporte y al tipo de camino por el cual se transporta la madera.

3) Se estimó los costos de aprovechamiento (CA) de la madera en rollo (corta, desrame, tronco y arrastre) con base en los trabajos de Alfaro y Rojas (1986), Jiménez A. (1990), Jiménez M. (1989), Pereira (1990), Quirós (1990) y Salazar (1989). Se tomó el rendimiento por hora en metros cúbicos (m3) y el costo por hora de cada operación (maquinaria + operario) para estimar el costo por m3. Esta estimación se hizo de acuerdo al diámetro promedio de la masa a extraer ya que los rendimientos varían en función de las dimensiones de las trozas.

-
- ¹ Varela, Rafael. 1990. Precio de la madera en patio de aserradero. San Isidro del General, San José. (Comunicación Personal).
- ² Rodríguez, Marco. 1990. Precio de la madera en pie y en patio de aserradero en la Península de Nicoya. Hojancha, Guanacaste. (Comunicación Personal).
- ³ Quesada, Ruperto. 1990. Precio de la madera en pie y en patio de aserradero en la zona norte del país. San Carlos, Alajuela. (Comunicación Personal).

4) Se estimó el volumen de madera comercial aprovechado en cada corta (raleo o corta final) con base en la información generada por Jiménez (1990), Murillo et al (1988), Quirós (1990), Ortega et al (1989) y Salazar (1989). De aquí se obtuvo el porcentaje de desperdicio (%D) de madera en el aprovechamiento. El diámetro mínimo comercial usado fue de 10 cm.

5) Debido a que la madera en rollo y en tabla en Costa Rica se comercializa en pmt y que el volumen de madera en rollo producida por las plantaciones aparece en metros cúbidos (m³) en las Tablas de Rendimiento, fue necesario establecer la relación entre pmt y m³. Para trozas con diámetro mínimo en punta delgada igual o mayor a 30 cm se usó la información suministrada por Jiménez (1) y Rojas (1990); para trozas con diámetros menores se midió una muestra de 68 trozas con diámetros entre 10 y 22 cm y longitud entre 1.2 y 3.4 m para establecer la relación entre pmt y m³. Las trozas provenían de una raleo de una plantación de ciprés. De esta forma se pudo calcular el número de pmt por m³ (NPMC) de madera en rollo y, por ende, los precios de la madera por m³ y los costos por m³ involucrados en su aprovechamiento.

Se trabajó con ciprés por la disponibilidad de material de pequeñas dimensiones y por que para esta especie hay varios trabajos elaborados que permiten complementar la información. Los resultados obtenidos se generalizaron a las cinco especies de interés en el presente trabajo.

6) El precio de la madera en pie por m³ (PMP) se obtuvo ejecutando la siguiente operación:

¹ Jiménez, Sergio. 1990. Relación pmt-m³ para madera en troza. Heredia, Costa Rica. (Comunicación Personal).

$$PMP = PMPA - (CT + CA)$$

donde:

- PMP = precio de madera rolliza en pie en m³.
- PMPA = precio de madera rolliza en patio de aserradero en m³.
- CT = costos de transporte por m³ de madera rolliza.
- CA = costos de aprovechamiento por m³ de madera rolliza.

Se consideró en el PMPA un valor diferencial entre la madera joven y la madera madura.

c) Ingresos esperados por hectárea

Se estimaron los ingresos directos obtenidos por hectárea, como producto de la venta de la madera extraída en los raleos y en la corta final a una industria local con la tecnología apropiada para su eficiente transformación.

3.2.3 Evaluación Financiera

Se evaluó la rentabilidad de cada especie combinando los siguientes elementos:

- Rendimiento: evaluado de acuerdo a la calidad del sitio. Para cada especie se establecieron tres alternativas: rendimientos altos, medios y bajos;
- Costos de establecimiento, manejo y aprovechamiento de las plantaciones;
- Precio de los productos.

Para el análisis financiero se utilizó como criterios de comparación entre las diferentes alternativas la Tasa Interna de Retorno (TIR), el Valor Actual Neto (VAN) y el Valor Esperado de la Tierra (VET). La tasa de interés usada para el cálculo de estos indicadores fue el 8% ya que

es la que estipula la Banca Nacional para créditos al sector forestal.

El programa de computador usado para realizar el análisis fue el CASH FLOW. Este programa presenta el flujo de caja, el cálculo del VAN, la TIR, el VET, el período de recuperación del capital y el ingreso anual promedio (Belli et al 1985).

3.3 Resultados y discusión

3.3.1 Rendimiento de las especies

Para la estimación de la producción en volumen de las especies de interés, se integró la información sobre éstas generada en diversos estudios y se elaboraron tablas preliminares de rendimiento.

Cada especie cuenta con un juego de tres tablas, las cuales representan una producción alta, una promedio y una baja.

En el Anexo 3.1 aparecen tanto los modelos de crecimiento usados y sus respectivos autores, así como las tablas de rendimiento.

Es necesario mencionar que en el caso del Laurel la información usada para la construcción de las tablas proviene del trabajo de Somarriva y Beer (1987) quienes describen el crecimiento de la especie en sistemas agroforestales. Por tanto, la tabla correspondiente a la Calidad de Sitio I (mayor producción en volumen) no se incluyó a la hora de clasificar los terrenos debido a que se consideró que es una producción muy superior a la que podría obtenerse en plantaciones de la especie.

Para verificar que las tablas representaran el ámbito de crecimiento de las especies, se comparó los incrementos medios anuales (IMA) obtenidos a través de éstas con los reportados en la literatura. De la comparación se obtuvo que éstos se encuentran dentro del ámbito de crecimiento de las especies.

En las tablas de rendimiento se observa que la evolución del incremento corriente anual (ICA) tiene un comportamiento irregular en algunos sitios para algunas especies, lo cual se atribuye al carácter preliminar de las tablas. Por tanto, no fue posible usar con rigor ninguno de los criterios que se basan en la evolución de ICA e IMA para la elección del turno.

Entonces, el turno se definió de acuerdo a la experiencia generada en nuestro país y en otras regiones donde se ha trabajado con las especies.

En el Cuadro 3.2 se presenta la información sobre turnos, el rendimiento esperado por especie y por sitio relacionado con el área plantada actualmente por la compañía Los Nacientes

3.3.2 Costos Directos

a) Reforestación

El costo de establecer y darle mantenimiento a una hectárea durante los primeros cinco años aparece en el Cuadro 3.3. Se presenta el detalle de estos primeros años ya que es la época donde se requiere mayor inversión de capital en el mantenimiento de la plantación. La información se presentó separando el monto que corresponde a mano de obra y el de insumos. El precio de mercado usado para éstos últimos es el de 1989 y la información aparece en el Anexo 3.2.

CUADRO 3.2

ESTIMACION DEL RENDIMIENTO ESPERADO AL FINAL DEL TURNO
 POR ESPECIE Y CLASE DE SITIO. PROPIEDADES DE LA COMPAÑIA
 LOS NACIENTES, 1990.

ESPECIE	CLASE DE SITIO*	TURNO (años)	VOL. TOTAL (m ³ /ha) **	IMA (m ³ /ha/año)	AREA (ha) ***
MELINA	I (24)	12	429.9	35.8	2364
	II (20)	12	301.0	25.1	807
	III (16)	12	188.6	15.7	512
DESLUPTA	I (28)	18	587.8	32.7	0
	II (24)	18	371.8	20.7	0
	III (20)	18	251.6	14.0	0
POCHOTE	I (18)	30	570.5	19.0	0
	II (14)	30	476.5	15.9	900
	III (10)	30	364.5	12.2	710
LAUREL	I	30	678.5	22.6	0
	II	30	536.0	17.9	57
	III	30	404.6	13.5	175
TECA	I (21)	40	613.0	15.3	0
	II (18)	40	533.9	13.3	0
	III (15)	40	333.3	8.3	0
TOTAL					5525

FUENTE : Anexo 3.1.

*Los valores entre paréntesis corresponden a los índices de sitio de las tablas de rendimiento usadas para este trabajo (Anexo 3.1).

**Volumen total bruto por hectárea incluyendo la corteza y las trozas de calidad inferior.

***Área reforestada por la compañía Los Nacientes hasta 1990.

CUADRO 3.3

COSTOS DE ESTABLECIMIENTO Y MANTENIMIENTO DE PLANTACIONES
FORESTALES EN COSTA RICA. (Precios 1989)

REGION	ESPECIE	USO ANTERIOR DEL TERRENO	AÑO 1		AÑOS 2-5		TOTAL (¢/ha)	
			M.O.†	INSUMOS	M.O.†	INSUMOS		
PACIFICO SECO	MELINA	TACOTAL ALTO	49672.7	20836.3	21352.8	2590.1	94451.9	
		TACOTAL BAJO	35867.6	18838.5	18965.9	2590.1	76262.1	
		POTRERO	24900.9	18801.9	18965.9	2590.1	65258.8	
	POCHOTE	TACOTAL ALTO	42318.6	21351.0	30964.8	2887.0	97521.4	
		TACOTAL BAJO	35416.0	17332.6	24642.8	2756.8	80148.2	
		POTRERO	33738.7	14576.6	25352.4	2756.8	76424.5	
	TECA	POTRERO	24191.3	20791.8	29223.0	1785.0	75991.1	
	REGION NORTE	MELINA	TACOTAL ALTO	44124.8	17811.0	39867.2	7392.0	109195.0
			TACOTAL BAJO	35028.9	14996.0	37609.3	5827.8	93462.0
POTRERO			30835.8	13202.2	37609.3	5827.8	87475.1	
LAUREL		TACOTAL ALTO	59671.8	21180.6	58446.1	6909.6	146208.1	
		POTRERO	40254.2	19568.6	51543.5	6737.7	118104.0	
DEGLUPTA 1111		TACOTAL ALTO	42383.1	21728.0	34190.3	5876.2	104177.6	
		POTRERO	34319.3	16214.0	39738.2	5876.2	96147.7	
DEGLUPTA 1600		TACOTAL ALTO	61736.1	21344.0	25416.9	5381.3	113878.3	
		POTRERO	43737.8	21084.0	31222.8	5381.3	101425.9	

FUENTE: Archivos Proyecto MADEIRA, 1990.

† Incluye 44% de cargas sociales.

El precio usado para el jornal fue el establecido por el Ministerio de Trabajo de Costa Rica para el primer semestre de 1990, el cual asciende a ₡ 448 con cargas sociales del 44%.

Los proyectos evaluados se clasificaron de acuerdo a la vegetación existente en el sitio antes de iniciar la labor de limpieza del terreno. Se usó este criterio debido a que se observó que las variaciones de costos entre ellos estaba asociada a este factor.

La clasificación estableció tres categorías:

1) Tacotal alto: esta categoría se refiere a áreas que fueron dedicadas a la agricultura y/o ganadería y abandonadas desde hace 8 a 10 años.

2) Tacotal bajo: también incluye lo que se denomina charral. Esta categoría representa terrenos que han sufrido el mismo proceso citado en el punto 1, pero abandonados desde hace 2 a 5 años.

3) Repasto: son terrenos que han sido dedicados a ganadería y que están cubiertos por pasto de cualquier especie. Se les denomina también potreros.

Se observa en todos los casos que los costos del año 1 son mayores cuando se tuvo que eliminar el tacotal alto o el tacotal joven en comparación a los costos en potreros.

Para efectos de este estudio, la Región Norte incluye tanto la zona de Los Chiles como la de Sarapiquí y el Pacífico Seco es sinónimo de Guanacaste.

A partir del año 6 y hasta el turno sólo se consideran los costos de protección. En el caso de la zona de Guanacaste, este costo incluye la mano de obra necesaria

para el mantenimiento de las rondas cortafuego y la vigilancia, principalmente en la época seca. En este caso se estimó la limpieza de las rondas dos veces al año y la vigilancia diaria durante la época seca. Además, se incluye dentro de los costos de protección las medidas de prevención fitosanitaria. El requerimiento estimado de mano de obra fue de un jornal por hectárea por año.

En el caso de la zona Norte y la zona de Sarapiquí este rubro solo considera la protección fitosanitaria y se estimó en 0.2 jornales por hectárea por año la necesidad de mano de obra.

Los mayores costos se presentan en la Zona Norte, siendo el laurel la especie que demanda mayor inversión de capital durante ese período de cinco años. Esta situación se debe a que en la zona el período lluvioso es de 9-11 meses al año, requiriendo una mayor inversión en el mantenimiento de las áreas plantadas, por ejemplo, mayor número de chapeas y rodajas.

La información sobre costos de producción de teca en plantaciones se obtuvo de la zona de Guanacaste y ésta se usó para realizar los cálculos de teca plantada en la Zona de Los Chiles. Lo anterior debido a que no se encontró información disponible sobre estos costos para teca en tal zona.

b) Aprovechamiento

El Cuadro 3.4 presenta los costos de corta, desrame, tronco y arrastre de trozas hasta cargadero reportados por diversos autores. Estos valores son promedios de acuerdo a lo reportado en los estudios analizados. El detalle de la información aparece en el Anexo 3.3 tanto para raleos como para la corta final.

CUADRO 3.4

ESTIMACION DEL RENDIMIENTO EN LAS OPERACIONES DE APROVECHAMIENTO DE
PLANTACIONES FORESTALES EN COSTA RICA (*).

ACTIVIDAD	EQUIPO	RENDIMIENTO (m ³ /hora)/CLASE DIAMETRICA		
		10-20 cm	21-29 cm	>= 30 cm
CORTA, DESRAME Y TRONCE	MOTOSIERRA	2.0	3.0	5.5
COSTO (¢/m ³)		245.0	163.3	89.1
ARRASTRE	BUEYES	1.5	2.25	nd
COSTO (¢/m ³)		260.0	173.3	nd
ARRASTRE	CHAPULIN	nd	nd	5.5
COSTO (¢/m ³)		nd	nd	109.1
COSTO TOTAL/m ³		505.0	336.7	198.2
COSTO TOTAL/pmt		1.85	1.18	0.66

FUENTE: ANEXO 3.3.

nd = estimaciones no disponible.

(* Adaptado para las condiciones de este estudio.

El rendimiento de la mano de obra en la operación de corta, desrame y tronco en plantaciones de 9-10 años oscila entre 0.8 m³/hora y 3.21 m³/hora y el rendimiento de la yunta de bueyes oscila entre 1.14 y 1.78 m³/hora. Esta información es válida para una masa a extraer cuyo diámetro se encuentre entre 12 y 20 cm.

Para la corta final, los rendimientos en la operación de corta oscilan entre 4.74 y 6.31 m³/hora y para la extracción con chapulín entre 3.46 y 6.12 m³/hora.

Estas operaciones se definieron con este tipo de maquinaria ya que la Compañía Los Nacientes planea ejecutarlas de esa manera.

Vale aclarar que la información sobre costos y rendimientos en las faenas de aprovechamiento de plantaciones forestales en Costa Rica es escasa. Sin embargo, se considera que los estudios que aparecen citados en el Anexo 3.3 brindan información confiable.

En el Cuadro 3.5 se aprecia la distancia de transporte entre cada una de las fincas de la empresa y el área donde se ubicará la industria primaria. La compañía ha planeado usar transporte en chapulín para los casos en que la distancia es igual o menor a 10 km, ya que los estudios de factibilidad realizados por ésta muestran que es la mejor opción en estas condiciones. Este tipo de transporte se utilizará en la zona de Sarapiquí.

Se asumió que el transporte en camión es la mejor alternativa en las zonas de Los Chiles y Guanacaste por las distancias que hay entre las fincas y la industria.

CUADRO 3.5

DISTANCIA (km) ENTRE LAS FINCAS Y LA INDUSTRIA PRIMARIA
Y COSTOS DE TRANSPORTE, COMPAÑIA LOS NACIENTES. 1990.

ZONA	FINCA	DISTANCIA/TIPO DE CAMINO (km)			COSTO TRANSPORTE (t/pmt)	
		Pavimentado o lastreado	Tierra	Total	Camión	Chapulín + carrreta
GUANACASTE						
	EL MANGO (#)	0	0.5	0.5	na	1.5
	EL PORVENIR	19	6	25	4	na
	MANCHA DE CAÑA	121	0	121	7.5	na
	FLAMINGO FORESTAL	108	0	108	6.5	na
SARAPIQUI						
	LOS APAREJOS (#)	0	0.5	0.5	na	1.5
	LA POMA	11	34	45	4	na
	DURPE-AKI	10	0	10	na	3
	JESSICA	10	0	10	na	3
	TIRIMBINA	10	0	10	na	3
	JENIFER	10	0	10	na	3
LOS CHILES						
	SONIA (#)	0	0	0	na	1.5
	SAN CLEMENTE	35	5	40	4	na
	WENDY	35	8	43	4	na
	LOS ROBLES	53	0	53	5	na
	SANTA MARIA	10	15	25	4	na
	NORMA	30	12	42	4	na
	TRES HERMANOS	10	34	44	4	na
	ZAYRA	5	40	45	4	na
	ELIA MARIA	48	0	48	5	na

FUENTE: Archivos Compañía Los Nacientes.

En estas fincas se ubicará la industria.
na = no aplicable por razones de orden financiero.

Para la estimación de este costo se obtuvo información de madereros de la zona de Guanacaste y Norte. La distancia promedio estimada entre las fincas y la industria para cada una de las zonas fue de 70 km en Guanacaste, 43 km en Los Chiles y 13 km en Sarapiquí.

El costo de transporte por pulgada maderera tica en rollo de acuerdo a dichas distancia es, según los madereros entrevistados, de 5 colones para la zona de Guanacaste, 4 colones para Los Chiles y 3 colones para Sarapiquí. Con base en ello se definió para efectos del presente trabajo un costo de transporte por metro cúbico de 1500, 1200 y 900 colones respectivamente. No se estableció un costo diferencial por m³ para el transporte de trozas de pequeñas dimensiones y trozas de mayor diámetro por falta de información al respecto.

En el Anexo 3.4 aparece un modelo que relaciona el costo de transporte con la distancia. Este se contruyó con la información suministrada por los madereros entrevistados.

3.3.3 Precio de la madera en rollo

Para los fines de este estudio, se consideró que la madera en rollo se vende en pie.

La información que sirvió de base para identificar el porcentaje de materia prima no destinada al aserrío se detalla en el Anexo 3.5. Se estimó el porcentaje de madera en rollo que se aprovecha para aserrío usando como diámetro mínimo (o diámetro en punta delgada) 10 cm. Dicho porcentaje se asignó de acuerdo al diámetro medio de la masa extraída y aparece en el Cuadro 3.6.

Debido a que la unidad de medida y comercialización de la madera en Costa Rica es la pmt fue necesario estimar el número de pmt por metro cúbico. En el Anexo 3.5 aparece la información detallada y en el Cuadro 3.6 se muestra el resumen de la misma.

En el Cuadro 3.7 se presenta el precio de la madera en pie por pmt y por m³, para cada una de las especies y por clase diamétrica.

3.3.4 Rendimiento de la industria forestal primaria

Considerando las condiciones actuales del mercado de la madera en cuanto a precios y haciendo una reducción del porcentaje de aprovechamiento a nivel industrial por las pequeñas dimensiones de la madera a obtener de plantaciones, sobre todo de raleos, se estimó el precio del m³ de madera en rollo según el diámetro. Para esto se usó la información generada en el Aserradero Forestales Paso Llano, la cual aparece en el Anexo 3.5.

El precio pagado por los productos forestales tanto en pie, como en patio de aserradero, depende entre otros aspectos del desarrollo tecnológico de la industria forestal primaria.

El rendimiento promedio de la industria dedicada al aserrío en Costa Rica es del orden del 48.1% (DGF 1988) con trozas cuyo diámetro mínimo es de 40 cm. Para algunas especies como el laurel se procesan trozas con diámetro mínimo de hasta 30 cm, pero es una excepción.

Con la industria actualmente instalada en el país es imposible procesar en forma rentable la madera proveniente de los primeros raleos de plantaciones forestales cuyas dimensiones son comparativamente inferiores a las dimensio-

CUADRO 3.6

PULGADAS MADERERAS TICAS (pmt) POR METRO CUBICO (m3)
Y PORCENTAJE DE VOLUMEN COMERCIAL PARA ASERRIO DE ACUERDO
AL DIAMETRO PROMEDIO DE LA MASA A EXTRAER

VARIABLE	CLASE DIAMETRICA (cm)		
	12 - 20	21 - 29	> 30
pmt/m3	273	286	300
% Volumen comercial (para aserrio)	85	90	95

FUENTE: ANEXO 3.4.

CUADRO 3.7

ESTIMACION DEL PRECIO DE LA MADERA EN PIE POR ZONA. FINCAS PROPIEDAD
DE COMPAÑIA LOS NACIENTES. COSTA RICA. 1990. (1)

ESPECIE	PRECIO EN PATIO DE ; ASERRADERO (¢/pmt) ;		PRECIO EN PIE/CLASE DIAMETRICA (3)							
			12 -	20 cm	;	21 -	29 cm	;	> 30 cm	
	MADERA JOVEN	MADERA; MADURA;	¢/pmt	¢/m3	;	¢/pmt	¢/m3	;	¢/pmt	¢/m3
MELINA										
GUANACASTE	8.4	12	1.6	436.8	;	2.2	629.2	;	6.3	1890.0
LOS CHILES	8.4	12	2.6	709.8	;	3.2	915.2	;	7.3	2190.0
SARAPIQUI	8.4	12	3.6	982.8	;	4.2	1201.2	;	8.3	2490.0
DEGLUPTA	9.1	13	3.3	900.9	;	3.9	1115.4	;	8.3	2490.0
POCHOTE	21.0	30	14.2	3876.6	;	14.8	4232.8	;	24.3	7290.0
LAUREL	15.4	22	10.6	2893.8	;	11.2	3203.2	;	18.3	5490.0
TECA	24.5	35	18.7	5105.1	;	19.3	5519.8	;	30.3	9090.0

(1) Para las condiciones específicas del estudio.

(2) Aserraderos ubicados en la Zona Norte y el Pacífico Seco de
Costa Rica. Junio 1990.

(3) Calculado con base a lo establecido en los Cuadros 3.4 y 3.5.

nes de la madera con la que tradicionalmente han trabajado estas industrias.

Es claro que se requiere una industria adecuada no solo al tamaño de los productos a obtener sino a las especies y a la oferta y demanda de los mismos.

El precio que una determinada industria esté dispuesta a pagar por los productos, tiene elevada incidencia sobre la rentabilidad de las plantaciones y ese precio está influido por los costos de aprovechamiento y los costos de transporte de la madera. Un aprovechamiento industrial ineficiente (baja relación volumen de madera aserrada/volumen madera en troza) no solo incide en la pérdida de madera sino en el precio que paga por la madera en rollo.

Para procesar la madera que se extraiga de plantaciones, tanto de raleos como de corta final, los esquemas de aserrío deben variar con respecto a los que tradicionalmente se conocen en el país. Las trozas con diámetros mínimos entre 8 y 20 cm deberán ser trabajadas muy eficientemente para que paguen el costo de su aprovechamiento industrial. Es seguro que la madera en rollo de esas dimensiones será pagada, en el mejor de los casos, en un 10% menos que la madera de mayores dimensiones (1) (2).

El aprovechamiento óptimo de la madera para aserrío requiere una industria que todavía no está montada en el país. La industria y el mercado en este momento son determinantes para poder conocer el potencial económico de las plantaciones.

¹ Jiménez, Sergio. 1990. La industria forestal en Costa Rica. Heredia, Costa Rica. (Comunicación Personal).

² Serrano, Rafael. 1990. La industria forestal en Costa Rica. Turrialba, Cartago. (Comunicación Personal).

Para los fines del presente trabajo, se estimó una reducción del precio de la madera en rollo con diámetros en punta delgada menores a 29 cm y se consideró que este producto será procesado por una industria cuyo rendimiento esté alrededor del 50%, lo cual es factible de acuerdo a la información obtenida (PENDU, 1990). Este mismo desarrollo industrial deberá ir orientado a la mayor recuperación de residuos.

En cuanto a las trozas con diámetros menores a 10 cm, deberá buscarse un mercado adecuado. No se consideró en este trabajo ingreso por la venta de rollos de madera para postes u otros usos ya que el mercado actualmente no absorbe grandes cantidades de estos productos y si se incluyeran se provocaría una sobre-estimación de los ingresos reales a obtener de las plantaciones forestales.

3.3.5 Ingresos esperados por hectárea

El Cuadro 3.8 muestra el ingreso bruto esperado por hectárea para cada una de las especies en estudio y por índice de sitio. La información detallada por especie e índice de sitio aparece en el Anexo 3.6.

Para efectos del presente trabajo este ingreso se obtiene al vender la madera en rollo en pie. Sin embargo, la compañía Los Nacientes se encuentra en el proceso de planificación de un desarrollo industrial maderero que le permita procesar el producto que obtenga de sus plantaciones. Esta alternativa de integración bosque-industria se considera que generará mayores utilidades por m³.

CUADRO 3.8

INGRESO ESPERADO (¢/HA) POR ESPECIE Y
POR INDICE DE SITIO (1)

ESPECIE	ZONA	TURNO (2)	INGRESO BRUTO (¢/ha) (3)		
			Sitio I	Sitio II	Sitio III
MELINA	GUANACASTE	12	541714.6	163586.3	92469.8
	LOS CHILES		657311.3	240171.4	139134.1
	SARAPIQUI		772908.0	316756.4	185798.3
DEGLUPTA		18	1025211.0	356240.3	192666.5
POCHOTE		30	3392137.3	2874749.4	2043850.0
LAUREL		30	3111972.7	2499186.5	1728866.7
TECA		40	4235098.5	3439915.1	1625921.4

FUENTE: Anexo 3.6

- (1) Para las condiciones específicas del estudio.
 (2) Se refiere a la edad a la que se realiza la corta final.
 (3) Obtenido por la venta de la madera en pie durante el turno.

3.3.6 Análisis financiero

El análisis financiero se realizó para cada una de las especies en cada una de las zonas donde se ubican los terrenos de la compañía.

En el Cuadro 3.9 se presentan los Valores Actuales Netos (VAN) para cada caso. Se observa que solamente en los sitios de calidad I todas las especies presentan valores positivos y que solamente teca, pochote y laurel presentan VAN positivos en sitios de calidad III. Estas tres últimas especies son las que presentan períodos de producción o turnos más largos, sin embargo, por la calidad de su madera son las mejor pagadas en el mercado.

En el caso de la melina, la cual se produce en las tres zonas, se observa que los valores del VAN son mayores en Sarapiquí, luego en Los Chiles y los más bajos aparecen en Guanacaste. Lo anterior, se debe al incremento en el costo de transporte en camión en esta última zona por la mayor distancia entre las fincas y la industria. En esas condiciones solo la producción obtenida en los sitios de mejor calidad compensa los elevados costos en que se incurre por concepto de transporte.

También se observa que los VAN mayores se presentan en los sitios cuya vegetación antes de la plantación era repasto, ya que los costos de limpieza del terreno son menores que en el caso de tacotal bajo o alto.

En cuanto al deglupta, se observan valores de VAN mayores cuando es menor la densidad de plantación, pues esa menor densidad implica un menor costo de establecimiento y mantenimiento durante los primeros años de vida de la plantación.

CUADRO 3.9

ESTIMACION DEL VALOR ACTUAL NETO (VAN) POR ESPECIE E INDICE DE SITIO
BAJO CONDICIONES DE VEGETACION ANTERIOR DIFERENTES
(Tasa de descuento = 8% anual)

ZONA	ESPECIE	TACOTAL ALTO			TACOTAL BAJO - CHARRAL			REPASTO		
		SITIO I	SITIO II	SITIO III	SITIO I	SITIO II	SITIO III	SITIO I	SITIO II	SITIO III
GUANACASTE	MELINA	160752	-13584	-50269	178765	4430	-32256	189768	15433	-21253
	POCHOTE	457279	380897	202291	474174	397792	219186	477977	401595	222989
LOS CHILES	MELINA	211794	15256	-38246	227337	30799	-22593	233324	36786	-16606
	DEGLUPTA 1111	221180	18678	-41241	nd	nd	nd	232217	27575	-32344
	DEGLUPTA 1600	211642	6999	-52919	nd	nd	nd	224696	20053	-39865
	TECA	nd	nd	nd	nd	nd	nd	613450	340835	120691
SARAPIQUI	MELINA	286760	54079	-16129	288363	69622	-475	294350	75609	5512
	LAUREL	540241	336137	132955	nd	nd	nd	535664	363334	160152

nd = Información insuficiente o no disponible para el presente trabajo.

Existen otros factores que influyen en la rentabilidad de una plantación con determinada especie, entre ellos, la topografía del terreno, la profundidad del suelo y la existencia de capas duras entre otros. Sin embargo, para el presente trabajo no fue posible contar con información en este sentido.

Para complementar esta información se observa en el Cuadro 3.10 el Valor Esperado de la Tierra (VET) para cada una de las alternativas. Al igual que en el cuadro anterior, se observa que las plantaciones de melina y deglupta ubicadas en terrenos de clase III presentan VET negativos.

En el Cuadro 3.11 se presenta la TIR obtenida en cada caso. Las TIR mayores se presentan en los sitios de calidad I y éstas en la mayoría de los sitios de calidad II superan el 8%. Sin embargo, en estos últimos el VAN resulta ser comparativamente muy inferior al obtenido en sitios de calidad I.

Las TIR más altas se obtienen cuando la vegetación anterior a la plantación ha sido repasto ya que disminuye los costos de preparación del sitio. En esas condiciones y para la clase de sitio I, la TIR más alta es de 33% y corresponde a la teca, el segundo lugar lo ocupa la melina con 32.7%, 28.1% y 26.9% en Sarapiquí, Los Chiles y Guanacaste respectivamente y el tercer lugar lo ocupa el laurel con 23.3%.

De hecho los tres indicadores económicos podrían mostrar cifras más alagadoras si la distancia de transporte se reduce al menos a la mitad y se mejora el rendimiento industrial causando un efecto positivo en el precio del producto.

CUADRO 3.10

ESTIMACION DEL VALOR ESPERADO DE LA TIERRA (VET) POR ESPECIE
E INDICE DE SITIO BAJO CONDICIONES DE VEGETACION INICIAL
DIFERENTES
(Tasa de descuento = 8% anual)

ZONA	ESPECIE	TACOTAL ALTO			TACOTAL BAJO - CHARRAL			REPASTO		
		SITIO I	SITIO II	SITIO III	SITIO I	SITIO II	SITIO III	SITIO I	SITIO II	SITIO III
GUANACASTE	MELINA	281468	-22531	-88019	313009	7756	-56480	332274	27022	-37214
	POCHOTE	512259	426693	226613	531185	445619	245540	535445	449879	249799
LOS CHILES	MELINA	370841	26712	-66968	398056	53927	-39559	408539	64410	-29076
	DEG 1111	303098	25596	-56515	nd	nd	nd	318223	37787	-44323
	DEG 1600	290027	9592	-72519	nd	nd	nd	307916	27480	-54630
	TECA	nd	nd	nd	nd	nd	nd	645542	358665	127005
SARAPIQUI	MELINA	502103	94691	-28241	504911	121906	-832	515392	132388	9651
	LAUREL	605195	376551	148941	nd	nd	nd	635664	407018	179408

nd = Información insuficiente o no disponible para el presente trabajo.

CUADRO 3.11

ESTIMACION DE LA TASA INTERNA DE RETORNO (TIR) POR ESPECIE
 E INDICE DE SITIO BAJO CONDICIONES DE VEGETACION
 INICIAL DIFERENTES
 (Tasa de descuento = 8% anual)

ZONA	ESPECIE	TACOTAL ALTO			TACOTAL BAJO - CHARRAL			REPASTO		
		SITIO I	SITIO II	SITIO III	SITIO I	SITIO II	SITIO III	SITIO I	SITIO II	SITIO III
GUANACASTE	MELINA	20.9	5.8	nc	24.2	8.8	1.5	26.9	15.5	3.2
	POCHOTE	19.7	17.8	13.9	21.5	19.2	15.0	22.1	19.7	15.4
LOS CHILES	MELINA	23.7	10.0	2.5	26.7	12.6	4.4	28.1	13.8	5.2
	DEGLUPTA 1111	17.5	9.4	4.2	nd	nd	nd	18.9	10.2	4.8
	DEGLUPTA 1600	16.7	8.5	3.5	nd	nd	nd	17.9	9.5	4.3
	TECA	nd	nd	nd	nd	nd	nd	33.0	18.8	13.2
SARAPIQUI	MELINA	30.1	14.5	5.9	31.0	17.4	7.9	32.7	18.8	8.8
	LAUREL	20.9	15.8	11.5	nd	nd	nd	23.3	17.5	12.7

nc = No calculada (inferior a cero).

nd = Información insuficiente o no disponible para el presente trabajo.

3.4 Conclusiones

1. La información sobre costos directos de producción de las especies es limitada con respecto a todas las condiciones de sitio que se pueden presentar en el campo, pero el material presentado en este trabajo permite observar tendencias sobre costos bajo algunas condiciones específicas.

2. Los costos de plantación presentados para la zona de Guanacaste y para Los Chiles y Sarapiquí (Zona Norte) presentan en algunos casos fuertes diferencias debidas no sólo a las condiciones específicas de cada zona sino a las fuentes de información en cada una de ellas. En Guanacaste los proyectos evaluados corresponden a pequeños y medianos productores y en Los Chiles y Sarapiquí a grandes productores.

3. Los elevados costos de establecimiento en los terrenos cuya vegetación anterior a la plantación es tacotal alto, reducen en forma significativa la rentabilidad de todas las especies en cualquiera de las calidades de sitio. En estas áreas es posible el manejo de la vegetación natural y debe analizarse la rentabilidad de esta alternativa.

4. Es necesario poner énfasis en la reducción de los costos de transporte de la madera entre la plantación y la industria. Esto se puede lograr buscando alternativas tecnológicas para procesar las trozas en las fincas a fin de transportar la menor cantidad de desperdicios.

5. El costo de transporte usado es el que rige actualmente. Sin embargo, desde la perspectiva del trnasportista existen dos condiciones que podrían reducir

dicho costo: el establecer contratos permanentes de trabajo y el contar con buenas condiciones de acceso a las fincas.

6. El precio de la madera en rollo de cortas dimensiones tanto en patio de aserradero como en pie está fuertemente influenciado por el rendimiento de la industria que procese dicho material. Por tanto, es indispensable contar con una industria adecuada a esas condiciones y, de ser posible, integrada a la producción en campo para obtener una mayor rentabilidad en la actividad. El plan de ingresos estipulado en el presente trabajo asume que existirá una industria con esas características para procesar la materia prima de plantaciones.

7. La integración entre el bosque y la industria (el productor y el industrial) abre otras posibilidades en cuanto al uso de las especies y genera condiciones que probablemente orienten con mayor claridad sobre la decisión de plantar una determinada especie en sitios específicos.

8. En el trabajo se consideró solamente el volumen de madera destinado a la industria del aserrío ya que los postes y la leña son productos con un mercado actual muy limitado. El interés primordial fue no sobre estimar el ingreso obtenido de la plantación por concepto de venta de madera en rollo.

9. Para el análisis financiero no se incluyó el monto asignado para el CAF como un ingreso en el flujo de caja del proyecto. En caso de haberlo hecho, la rentabilidad del mismo aumentaría notablemente.

10. A la luz de los resultados del análisis financiero se hace evidente que el Estado costarricense debe establecer diferencias en el monto del CAF en función de las especies y los sitios donde se reforesta. Lo anterior

con el fin de destinar esos recursos hacia aquellas especies y sitios que más lo requieran.

11. Los ingresos obtenidos en la actividad de reforestación en terrenos que son clasificados como de calidad III no cubren, en la mayoría de los casos, ni siquiera los costos de establecimiento de la plantación. Por tanto, si los propietarios de estos terrenos desean dedicarlos a la reforestación, es necesario que el Estado costarricense mantenga los incentivos forestales en este tipo de terrenos.

12. Es necesario contar con un sistema de clasificación de sitios para las especies usadas en proyectos de reforestación en el país, que permita ubicar a éstas en los mejores sitios para su desarrollo.

13. Si se incorporan nuevas alternativas tecnológicas orientadas hacia la disminución de costos de plantación y el incremento de la producción, la rentabilidad de los proyectos de reforestación se verá incrementada.

14. Para aumentar la rentabilidad de los proyectos de reforestación una alternativa es promover las combinaciones en sistemas agroforestales y silvopastoriles.

CAPITULO IV

PROGRAMACION LINEAL APLICADA A LA INVERSION EN PLANTACIONES FORESTALES

4.1 Antecedentes

La Programación Lineal (PL) es una técnica matemática que permite calcular la mejor asignación de los recursos de una empresa. Toda compañía dispone de capital, tierra, equipo y mano de obra en cantidad limitada, por ello, se debe buscar la mejor asignación de esos recursos a fin de maximizar las ganancias o minimizar los costos de la empresa.

La técnica fue desarrollada por el matemático George Dantzig en 1947 y sus primeras aplicaciones se presentaron en el sector militar (Thierauf y Grosse 1982). En las últimas dos décadas la PL se ha convertido en la herramienta preferida por los administradores de proyectos sobre recursos naturales con fines de planeación (Paredes y Brodie, 1988).

Esta técnica permite optimizar un objetivo, el cual, para el productor podría ser: obtener los máximos ingresos netos, lograr los menores costos o bien obtener la mayor tasa de retorno del capital invertido.

Para la aplicación del método, es necesario que se den las siguientes condiciones (Thierauf y Grosse 1982):

a) Se debe plantear un objetivo bien definido y expresarlo como una función matemática a maximizar (beneficios) o a minimizar (costos).

b) Deben existir medios alternativos para lograr el objetivo propuesto.

c) Las ecuaciones y desigualdades deben describir el problema en forma lineal.

d) Debe disponerse de información suficiente para expresar cuantitativamente los objetivos y las restricciones como funciones matemáticas lineales.

e) Debe haber un suministro limitado de recursos.

En la PL hay tres suposiciones importantes (Gallagher y Watson 1982):

a) Linealidad: todas las variables deben ser funciones lineales.

b) Determinismo: implica que debe conocerse con certeza el comportamiento de todas las variables y de los coeficientes.

c) Una sola función objetivo.

En la actividad forestal el uso de esta técnica es frecuente por las empresas forestales de producción y de desarrollo industrial. Dykstra (1988) menciona algunos campos específicos en los que se aplica la PL y unos posibles objetivos a optimizar, como:

a) Aprovechamiento forestal: donde se busca maximizar el valor de la madera producida.

b) Industria forestal: donde el objetivo es maximizar el beneficio industrial.

c) Manejo de vida silvestre: el objetivo es maximizar el número de animales de una especie que pueden ser aprovechados durante la época de caza.

d) Planificación del uso de la tierra: maximizar el incremento esperado en el impuesto territorial como resultado de un nuevo desarrollo.

e) Manejo de suelos: se busca minimizar la pérdida de suelo.

Existen dos métodos para la solución del problema general de la PL, ellos son: el método gráfico y el método algebraico. La técnica más usada en este último es el *método simplex*. Existen otras técnicas para resolver los problemas de PL de tipo especial, son: el *método del transporte* y el *método de asignación*. Se cuenta también con extensiones del método simplex como son la *programación entera* y la *programación por objetivos* (Gallagher y Watson 1982).

La utilidad de una técnica como ésta radica en que orienta sobre el uso más adecuado de los recursos disponibles. Da una idea general para aclarar el conflicto en el uso de los recursos. El modelo Tiene la ventaja sobre los modelos contables de que considera el precio de sombra para la toma de decisiones, o sea, percibe esa limitación y le asigna un costo.

El uso de la PL genera una solución bajo las condiciones específicas planteadas en el modelo. Una vez que se cambien las condiciones la solución se ve modificada: es el caso del cambio en alguna o varias de las restricciones o de las variables incluidas en el modelo. Finalmente, la solución que el modelo genera como la "óptima" debe ser analizada a la luz de las posibilidades reales de implementar las acciones que se presentan como necesarias para lograr la situación deseada.

4.2 Métodos y Materiales

4.2.1 Información necesaria para el modelo de PL

La información generada en los capítulos anteriores sirvió de base para desarrollar el modelo de PL. En cuanto a la información de orden financiero, en el capítulo III se estimó los indicadores para las cinco especies por zona, por índice de sitio y de acuerdo al tipo de vegetación existente en los terrenos antes de su preparación para reforestar.

Sin embargo, solo se incluirán en el modelo las dos alternativas que corresponden a uso anterior del suelo "repasto y tacotal bajo o charral" ya que los terrenos que actualmente adquiere la compañía para reforestar son de este tipo.

Los otros terrenos propiedad de la empresa cuya vegetación clasifica como "tacotal alto", no son incluidos en el modelo de PL debido al interés que tiene la compañía en el manejo de estas áreas naturales para la eventual producción sostenida de madera. Además, porque en el capítulo III se mostró que el costo de preparación del terreno con este tipo de vegetación es alto y, por tanto, la rentabilidad de los proyectos de reforestación es muy baja en comparación con las otras dos alternativas.

4.2.2 Programa usado

Para la construcción del modelo de PL se usó el Método Simplex. El programa usado fue el QSB (Quantitative System for Business) versión 2.0 (Chang y Sullivan) y tiene capacidad para 150 variables y 120 restricciones. El programa incorpora las variables artificiales o de holgura que el modelo requiera, a fin de evitar que las variables

del modelo sean negativas por efecto de la incorporación de las condiciones " \geq " e " $=$ ".

El programa QSB ofrece información sobre la función objetivo y hace un análisis de sensibilidad variando los coeficientes de la función y los valores del lado derecho denominados Right Hand Side (RHS) o restricciones. Esto permite al usuario observar en cuánto puede variar cada coeficiente sin que la solución actual se vea afectada.

La solución también muestra los costos de oportunidad o precios de sombra de cada variable indicando en cuánto aumentaría la función objetivo si se incrementa en una unidad (de terreno, de capital o del recurso con que se esté trabajando) esa alternativa, como por ejemplo si se incorporara una hectárea adicional de terreno de determinada calidad y con la especie que corresponda.

4.2.3. Función Objetivo

La función objetivo es el punto de orientación básico en la PL. Esta se estableció de acuerdo a los intereses económicos de la compañía Los Nacientes. Los principales criterios de la misma son:

a) maximizar el beneficio neto en la actividad de reforestación,

b) recuperar parte del capital invertido (en un plazo no mayor a 12 años) siempre y cuando esto no afecte significativamente el monto del beneficio neto del proyecto,

c) contar con materia prima suficiente para establecer la industria en el menor tiempo posible.

Se analizó cada uno de los indicadores económicos que podrían ser usados para medir en qué grado se alcanza el objetivo básico de la empresa que es maximizar sus ganancias. Estos son: el VAN, la TIR, el periodo de recuperación de la inversión (PRI) y el VET.

Como resultado del modelo se espera que éste determine la superficie o área a plantar anualmente de cada una de las especies consideradas en el estudio y de acuerdo a las restricciones especificadas en el mismo.

Una vez identificados los indicadores a usar en la función objetivo, se procedió a la identificación de las restricciones a incluir en el modelo.

La función objetivo tiene la siguiente forma general:

$$\text{MAX BENEFA} = (\text{BENEFA} * \text{SUP A}) + (\text{BENEF B} * \text{SUP B}) + \dots + (\text{BENEFA N} * \text{SUP N})$$

donde:

MAX BENEFA = es el beneficio máximo obtenido a través del modelo de acuerdo a las variables y restricciones impuestas al mismo.

BENEFA = es el beneficio por hectárea que ofrece la especie A. El indicador financiero a usar puede ser el VAN, el VET o cualquier otro que se ajuste a los objetivos de la empresa.

SUP A = es la superficie en hectáreas de calidad I, II o III de la especie A.

4.2.4 Restricciones impuestas al modelo

Las restricciones a la producción son los límites dentro de los cuales debe actuar el empresario para lograr sus objetivos. Estas se refieren a la cantidad de recursos disponibles en la compañía. Los recursos de mayor importancia son la tierra, el capital y la mano de obra.

Para determinar las restricciones que se incorporaron al modelo de PL para la compañía Los Nacientes, se

caracterizó cada uno de los tres recursos básicos de la empresa: la tierra, la mano de obra y el capital. Se analizó para cada uno de ellos las necesidades (demanda) y disponibilidad (oferta) por zona.

La información sobre la clasificación de los terrenos de la compañía que aparece en el Capítulo II de este trabajo permitió especificar en el modelo la disponibilidad de éstos por zona y por índice de sitio de acuerdo a las especies seleccionadas para reforestación. La combinación del área por índice de sitio y por especie relacionada con un indicador económico que refleje el beneficio en dinero obtenido en esas áreas, representa la función objetivo.

Con base en registros históricos de la compañía, se estimó la disponibilidad de mano de obra local en cada una de las zonas y a lo largo del año. Se estimó también la disponibilidad de mano de obra de otras zonas, considerando bajo esta categoría la mano de obra que es posible conseguir en cualquier zona del país.

La información sobre mano de obra requerida para labores de plantación (establecimiento y mantenimiento) se tomó de los perfiles de costos presentados en el Anexo 3.2. Se consideró la demanda de mano de obra para el año 1 debido a que es en este año donde se concentra la mayor demanda durante la vida de la plantación. No se consideran para este caso los años donde se realizan raleos y la corta final.

Se consideró el capital como una de las principales restricciones para el desarrollo de la actividad forestal de la compañía. Se identificaron dos fuentes de capital accesibles a la compañía que le permitirían a la misma reforestar: el CAF que es la principal fuente de financiamiento para cubrir los costos directos de la

plantación durante los primeros cinco años y el crédito forestal que vendría a satisfacer la demanda de capital en caso de que el CAF fuese insuficiente. No se consideró el capital propio de la empresa, pues éste es la principal fuente para cubrir los costos administrativos y el costo de los terrenos, los cuales no se incluyeron en este estudio.

4.3 Resultados y discusión

4.3.1 Función objetivo

El análisis de los objetivos de la empresa orientó la decisión hacia el uso de dos indicadores económicos: el VAN (Valor Actual Neto) y el VET (Valor Esperado de la Tierra). Su elección se justifica a continuación:

Mediante el programa QSB, ambos indicadores fueron maximizados, se obtuvo una solución para cada caso. A continuación se justifica la elección de ambos indicadores:

a) El VAN: la empresa está interesada en percibir al final del ciclo de corta de cada una de las especies seleccionadas, la mayor utilidad económica posible. Este indicador representa tal utilidad referida a un solo ciclo de corta (Solución 1), dejando para el futuro las decisiones sobre el uso del suelo después de terminada la primera rotación y sobre nuevas especies que pueden ser consideradas para la reforestación de esos sitios.

b) El VET: el uso de este indicador es adecuado cuando la empresa considera que los terrenos actualmente dedicados a la actividad forestal seguirán bajo uso forestal en plazo infinito y con la especie que muestre los mayores beneficios económicos de acuerdo a la información disponible hoy. De tal forma, este indicador representa el valor actual de rentas periódicas infinitas (Solución 2).

En el Anexo 4.1 se presenta la matriz de PL. El modelo cuenta con 38 variables las cuales aparecen en las primeras 38 columnas de la matriz. El grupo de variables de la 1 a la 24 representan el VAN en un caso y el VET en el otro para cada especie según índice de sitio y costos de establecimiento de plantaciones.

Las variables colocadas en las columnas 25 a 36 representan las variables que contabilizan la necesidad y la disponibilidad de mano de obra para cada una de las zonas donde se localizan los terrenos de la compañía y por semestre.

En las columnas 37 y 38 aparecen las variables que se refieren al capital; éstas son CAF y CRE1. Con ellas se contabiliza el balance en el uso del capital para el primer año de la plantación.

La nomenclatura usada en la matriz para las variables incluidas en el modelo aparece al final del Anexo 4.1.

4.3.2 Restricciones impuestas al modelo

De acuerdo a la caracterización de la compañía Los Nacientes y después de analizar las posibles limitaciones a las que se sujeta la actividad forestal de la misma, se incorporaron al modelo las siguientes restricciones:

A) Tierra

La compañía dispone actualmente de 6838 ha distribuidas entre las zonas de Guanacaste, Los Chiles y Sarapiquí; de éstas se han reforestado hasta la fecha 5525 ha. Las características climáticas, edáficas y topográficas en cada zona condicionan la productividad de esos terrenos. En el Capítulo II se muestra la

clasificación de tales terrenos según su calidad y con esa información se expresó la restricción sobre tierra.

La compañía proyecta reforestar durante el período 1991-1998 un total de 9600 ha a una tasa anual de 1200 ha, ya que ésta tiene capacidad administrativa y técnica para plantar tal superficie y desea alcanzar su meta de 15125 ha en el menor plazo posible.

Este trabajo se concretó a la superficie actualmente disponible. Aunque de ésta ya se ha reforestada un 80%, la compañía tiene interés en conocer qué tanto se aleja la situación actual del óptimo resultante de la aplicación del modelo de PL. Además, desea conocer cuáles podrían ser sus mejores alternativas para el futuro.

La restricción de tierra aparece en la matriz de la fila número 1 hasta la 15 (Anexo 4.1). Las primeras 14 filas corresponden la superficie de terreno disponible por clase de sitio y por zona para cada una de las especies y la fila número 15 representa el área anual a reforestar (1200 ha). Estos valores colocados al extremo derecho de la matriz son los denominados en el programa QSB como "RHS" (Right Hand Side) o límites máximos o mínimos para los valores que el modelo usa en sus cálculos.

B) Mano de obra

La información presentada en el Anexo 3.2 sobre la demanda de mano de obra por año para el establecimiento y mantenimiento de las plantaciones, sirvió de base para establecer los requerimientos de este recurso por especie y por zona.

Esta demanda de mano de obra se tiene a lo largo del año, pero concentrada de acuerdo a los registros de la compañía en un 75% en el período de plantación (I semestre

del año) y un 25% en el período de mantenimiento (II semestre). Con base en estos datos y en el valor total de mano de obra para el año 1 que aparece en el Anexo 3.2, se distribuyó la demanda entre los dos semestres.

La restricción de mano de obra se consideró solamente para el año 1 de cada plantación realizada ya que es el año donde se concentra la mayor demanda de ésta. Esta información aparece en la matriz (Anexo 4.1) en las líneas 16 a 21 donde se expresa el requerimiento de mano de obra por especie y por zona.

El otro aspecto a considerar es la disponibilidad general de mano de obra en cada zona. Esta información se obtuvo de los registros de la compañía Los Nacientes. En el Cuadro 4.1 se presente el detalle de la información.

Aunque en el Cuadro 4.1 se aprecia la misma cantidad de hombres en la zona de Los Chiles y Sarapiquí, el número de jornales disponibles por año en Sarapiquí es mayor dado que el período de tiempo para ejecutar las labores de plantación es mayor. A esta fuente de obreros se le denominó "mano de obra local disponible".

En la matriz de PL (Anexo 4.1) esta disponibilidad aparece en las filas 22 a 27, colocando el número de jornales disponibles por semestre en la columna número 39 que representa los RHS del modelo.

Es importante anotar que esta disponibilidad está afectada por la ubicación misma de las fincas, ya que en la zona de Sarapiquí y Los Chiles éstas se localizan dentro de un radio de 15 km y 25 km respectivamente. Esto hace que se dé competencia entre ellas mismas por este recurso. El caso de Guanacaste es diferente ya que el radio es mucho

mayor (70 km) y existen menos actividades agrícolas y pecuarias compitiendo por el recurso.

CUADRO 4.1

DISPONIBILIDAD DE MANO DE OBRA POR ZONA.
COMPAÑIA LOS NACIENTES, 1990.

ZONA	Disponibilidad de Hombres/año	Jornales/año
Guanacaste	70	15400
Los Chiles	30	6600
Sarapiquí	30	7500

FUENTE: Archivos Compañía Los Nacientes.

En el modelo se incorporó además una fuente de mano de obra adicional llamada "mano de obra de otras zonas". Esto con el fin de que si fuera necesario contratar mano de obra adicional el modelo la tomara de esa fuente. El término "otras zonas" significa cualquier zona del país de donde se considere que es posible conseguir mano de obra para completar las necesidades de la empresa.

Para efectos del trabajo se parte del supuesto que la mano de obra adicional contratada será con experiencia y que el costo de ésta será un 12% mayor al de la mano de obra de la zona. El aumento del precio por jornal se debe principalmente a la necesidad de ofrecer mejores condiciones de trabajo para que el personal acepte trasladarse a la zona donde se requiera sus servicios.

En la matriz (Anexo 4.1) esta restricción se expresa en las filas 28 y 29 y los valores de mano de obra aparecen en la columna 39. Estos valores se asignaron sobre la base del cálculo hecho por los técnicos de la compañía Los Nacientes (1).

Otra posibilidad a la que puede orientar esta restricción es al uso de sistemas mecanizados en áreas donde esto sea posible, como en las fincas localizadas en la zona Norte del país. Sin embargo, para el presente trabajo no se incluyó esta alternativa por falta de información disponible.

C) Capital

El capital que invierte la compañía Los Nacientes en cubrir los costos directos de las plantaciones forestales proviene, principalmente, del Certificado de Abono Forestal (CAF), incentivo que otorga el Estado costarricense a los reforestadores. El CAF actualmente tiene un valor de ₡90000 por hectárea, asignados para el establecimiento y mantenimiento de una hectárea de plantación forestal durante los primeros cinco años.

El monto del CAF es entregado al reforestador de la siguiente manera: 50% asignado para los gastos del año 1, 20% para el año 2, 15% para el año 3, 10% para el año 4 y 5% para el año 5. Sin embargo, la entrega del monto correspondiente al año 1 se realiza administrativamente 12 meses después de que inician las faenas de plantación. Lo anterior debido a que el Reglamento a la Ley Forestal (Costa Rica 1986) establece que el monto sea entregado al reforestador una

¹ Pereira, Marco. 1990. Requerimientos de mano de obra en cada una de las zonas de desarrollo de la compañía de reforestación Los Nacientes. San José, Costa Rica. (Comunicación Personal).

vez que se compruebe que la plantación se encuentra en buen estado (al menos 6 meses después de establecida). A ese plazo debe sumarse el período previo a la plantación durante el cual se prepara el sitio y la duración del trámite administrativo para la aprobación del proyecto y la emisión del CAF.

El Estado ha previsto facilitar crédito a bajo interés para solventar el problema de liquidez del productor durante ese período (1). Sin embargo, todavía el Estado no cuenta con recursos económicos para poner en marcha el programa crediticio que apoye al reforestador durante el primer año de la plantación. El productor entonces debe acudir al crédito a la tasa de interés para actividades comerciales, la cual oscila entre 28 y 32%

Considerando que el productor recibe 12 meses después los $\text{¢} 45000/\text{ha}$ (cuarenta y cinco mil colones) asignados por el CAF para cubrir los costos del año 1, y que no dispone de capital para realizar tal actividad, éste debe adquirir un crédito por el que debe pagar :

Monto a pagar

en intereses = $\text{¢} 45000/\text{ha} * 0.28$ (tasa mínima de interés)
 = $\text{¢} 12600/\text{ha}$ (al año de haber recibido el dinero)

Por tanto, el productor cuenta en realidad con un total disponible de $\text{¢} 32400/\text{ha}$ ($\text{¢} 45000 - \text{¢} 12600$) provenientes del CAF para cubrir los costos del año 1.

Sin embargo, de acuerdo a la información sobre costos de establecimiento de plantaciones que aparece en el Anexo 3.2, el monto de capital requerido para esta actividad en todos los casos supera los $\text{¢} 32400/\text{ha}$, por lo que fue

¹ Salazar, Luis Arturo. 1990. Financiamiento a la actividad forestal en Costa Rica. San José, Costa Rica. (Comunicación Personal).

necesario considerar como fuente de capital para la compañía el crédito.

Por tanto, la restricción consistió en el monto total de CAF disponible para el año 1, el cual se estimó en:

$$\text{CAF AÑO 1} = 1200 \text{ ha} * \text{¢ } 32400/\text{ha} = \text{¢ } 38.9 \text{ millones}$$

En cuanto al crédito como fuente complementaria de capital para poder reforestar el área anual establecida por la compañía, se incluyó en el modelo un monto de crédito disponible de ¢ 45 millones ya que la compañía considera que está dentro de sus posibilidades adquirir esa suma.

En las filas número 30 a 32 de la matriz de PL (Anexo 4.1) aparecen las restricciones de capital. En la columna 39 se presenta el monto disponible correspondiente a cada fuente de capital.

D) Otras restricciones incorporadas al modelo de PL

D.1) Turno de las especies

Las especies con que reforesta la compañía han sido seleccionadas por los técnicos de la misma como aquellas más prometedoras en las zonas donde la compañía tiene localizados sus terrenos. No se consideraron otras especies debido al interés específico de la empresa de reforestar con éstas.

Si bien es cierto la compañía desea optimizar su utilidad, también requiere contar con materia prima madura en el menor tiempo posible a fin ser una de las empresas reforestadoras que primero incursione en el campo industrial. Por esta razón, una de las restricciones que debe incorporarse en el modelo es el contar con al menos un 50% del área plantada anualmente con las especies de turnos

más cortos, ellas son: melina y deglupta con turnos de 12 y 18 años respectivamente.

Esta restricción representa al menos 600 ha por año reforestadas con estas especies y aparece en la matriz de PL en la fila 33 y columna 39.

No se consideró la posibilidad de reducir los turnos seleccionados, sin embargo, cuando se cuente con mayor información se podrán incluir estas opciones en el modelo.

D.2 Calidad de la madera

En cuanto a las especies de turnos más largos, pero de alto valor, tenemos que la compañía considera necesario contar con un área mínima plantada con especies con amplia aceptación en el mercado por su buena calidad. Este criterio llevó a la decisión de incluir un máximo de 20% del área reforestada anualmente con teca, pochote y laurel.

La superficie anual a considerar en este caso es de 240 ha y en la matriz aparece explícito en la fila 34 y columna 39.

4.3.3 Soluciones al modelo

En el Cuadro 4.2 se presenta la solución de ambas alternativas. Se observa que el valor máximo de la función objetivo es mayor al usar el VET y que en esas condiciones no utiliza las 1200 hectáreas disponibles sino solo 1156.9 ha.

Un aspecto a destacar es que ambas soluciones seleccionan alrededor de un 80% del área a plantar de melina (900 ha). A continuación se presenta el análisis de las posibles causas que llevaron a obtener soluciones distintas:

a) En la zona de Sarapiquí, el área clase I disponible para melina es plantada en su totalidad en ambas soluciones (248 ha). Considerando otros indicadores económicos interesantes, podemos referirnos a que la TIR que presenta esta especie en terrenos de clase I en la zona de Sarapiquí es de las más elevadas según los resultados de este estudio (32.7%) (Cuadro 3.11). Además, que el período de recuperación de la inversión es de 8 años, siendo también de los menores obtenidos en el trabajo.

b) En la zona de Guanacaste, el área a plantar en la solución I con melina pasa en la solución II a ser plantada con pochote. Esto ocurre porque el VET del pochote es mayor que el de la melina. Sin embargo, el área a reforestar con melina según las restricciones impuestas al modelo no debe ser inferior de un cierto monto. Para solucionar esto, la solución II incrementa el área de melina a plantar en la zona de Los Chiles. Si comparamos la TIR de ambas especies tenemos que es de 15.5% para la melina y del 19.7% para el pochote.

c) En la zona de Los Chiles, en ambas soluciones se incluyó el área de clase I para teca y melina. Sin embargo, en la solución II el área de teca se reduce en un 82%. Posiblemente el área que se resta a la teca se asigna a la melina porque el modelo tiene como restricción no plantar más de 240 ha con pochote, teca y laurel y el modelo ha seleccionado un área de pochote a plantar en Guanacaste. Esta área a plantar en Guanacaste posiblemente el modelo la incorpora para consumir la mano de obra disponible en la zona.

En cuanto a la calidad de los sitios a reforestar, la solución I selecciona aquellos sitios de clase I y solo la solución II considera la inclusión del pochote en terrenos de clase II en Guanacaste.

CUADRO 4.2

MAXIMO VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO USANDO COMO
INDICADORES EL VAN Y EL VET

ZONA	SOLUCION I (CON VAN)			SOLUCION II (CON VET)		
	ESPECIE	SITIO	AREA A PLANTAR (HA)	ESPECIE	SITIO	AREA A PLANTAR (HA)
Guanacaste	Melina	II	197.3	Pochote	II	196.4
Los Chiles	Melina	I	514.7	Melina	I	668.9
	Teca	I	240.0	Teca	I	43.6
Sarapiquí	Melina	I	248.0	Melina	I	248.0
		TOTAL	1200.0		TOTAL	1156.9
Valor máximo de la Función Objetivo			¢ 3,362031E+8	¢ 5,113956E+8		

En el Anexo 4.3 se presentan los resultados en la forma en que los imprime el QSB. Aparecen los costos de oportunidad o precios de sombra para cada una de las variables del modelo.

En el análisis de sensibilidad de los coeficientes, los valores que aparece en la columna denominada "original" son los coeficientes de la función objetivo. Los $C(j)$ mínimos y máximos representan los límites hasta donde puede llegar el valor original sin variar la solución dada por el modelo.

Por ejemplo, en el caso del área a plantar con melina en terrenos de clase I en Los Chiles, la solución I indica que el VAN que presenta esta alternativa (¢ 233324) podría bajar hasta ¢ 208325 y subir hasta ¢ 286625 y esta especie en esas condiciones seguiría siendo la seleccionada por el modelo.

Se observa también en el Anexo 4.3 los rangos para los coeficientes de la función "B(i)" y los valores del lado

derecho "RHS", o sea, los valores originales asignados a las restricciones. Los $B(i)$ mínimos y los $B(i)$ máximos representan el límite inferior y superior respectivamente de los RHS e indican el rango en el que pueden variar los RHS para no quedar fuera del modelo. Este constituye un análisis de sensibilidad para el modelo.

Utilizando el mismo ejemplo anterior (melina en Los Chiles), tenemos que de las 3878 ha disponibles en terrenos de clase I, el modelo indicó que el área que aparece en la solución del modelo es la mínima que se puede plantar para cumplir con las condiciones del modelo.

4.4 Conclusiones

1. Al comparar la solución generada por el modelo de PL con lo ejecutado por la compañía, tenemos que la orientación es la misma. La experiencia generada por la empresa desde 1986 hasta la fecha la ha llevado a excluir de los nuevos proyectos de reforestación los terrenos localizados en Guanacaste que muestran severas limitaciones para el desarrollo de las especies. Aunque estos terrenos no han sido clasificados en forma sistemática, sí se han evaluado con mayor rigor sus características a la hora de realizar los estudios técnicos del caso.

La empresa, con base en su control de costos, ha determinado que estos sitios requieren mayor inversión de capital para la preparación del terreno, mayor inversión en fertilizantes y presentan un mayor riesgo en cuanto al prendimiento esperado del material vegetal.

2. Al incluirse como restricción un área no mayor del 20% anual (240 ha) dedicadas a especies de turnos largos, el programa seleccionó la teca en sitios de clase I como la mejor alternativa y debido al elevado VAN en comparación

con las otras especies, esta restricción hizo que el programa estimara en 1986 el costo de oportunidad de una hectárea a plantar con esta especie. Este valor indica el monto que se puede pagar por una hectárea que se vaya a reforestar con la especie.

3. La solución obtenida utilizando la PL responde a las condiciones establecidas en el modelo. Al cambiar cualquiera de esas condiciones, la solución tiende a cambiar. Por tanto, la técnica genera una solución solo para el momento y las condiciones allí definidas.

4. El modelo debe correrse cada año y del área disponible que aparece en los RHS por sitio y zona, debe restarse el área usada el año anterior. Esto porque cada año se utilizará parte de la superficie disponible. En caso de que se incorporan más terrenos a la producción, éstas áreas deben adicionarse al modelo.

5. Existen otras restricciones no incorporadas en el modelo por falta de información precisa sobre éstas que sería interesante considerar en el futuro. Estas son: rentabilidad de otras alternativas tecnológicas para el establecimiento y manejo de las plantaciones, por ejemplo, los sistemas mecanizados, el movimiento trimestral o mensual de mano de obra en las zonas durante el transcurso del año. Esta última es de suma importancia por la concentración de la demanda de mano de obra durante el período de plantación.

6. De acuerdo a la demanda de capital con las soluciones generadas, alrededor del 75% de los costos por hectárea del primer año son cubiertos por el CAF y para cubrir el restante 25% es necesario adquirir crédito.

7. Con ambas soluciones se tiene que el costo promedio de establecimiento por hectárea es de ¢ 43500.

8. Debido a que tanto la inversión como los ingresos en la actividad forestal tienen lugar en diferentes años y que las decisiones tomadas en un año están ligadas a las decisiones de los años restantes, sería de mayor utilidad el uso de un modelo de PL multiperiódico. Sin embargo, para desarrollar un modelo de este tipo se requiere de información con la que no se cuenta en estos momentos.

REFERENCIAS

- AKINSANMI, F. A. 1985. Effects of rainfall and some edaphic factors on teak growth in South-Western Nigeria. *Journal of Tropical Forest Resources* (Nigeria) 1(1):44-52.
- ALFARO M.,M. 1983. Relación entre factores edáficos e índice de sitio para Cupressus lusitanica Mill en el Valle Central, Costa Rica. Tesis Lic. Ciencias Forestales, Universidad Nacional, Escuela de Ciencias Ambientales. Heredia, Costa Rica. 132 p.
- ALFARO M.,M.; ROJAS R.,I. 1986. Aprovechamiento de plantaciones forestales. Ponencia presentada al I Congreso Forestal. Costa Rica. Noviembre 1986. 12 p.
- _____ et al. 1989. Tablas de volumen y biomasa para Eucalyptus deglupta en Turrialba, Costa Rica. Trabajo presentado en el curso de Crecimiento y Rendimiento. CATIE, Costa Rica. (sin publicar) 46 p.
- AVILA H., J. et all. 1979. Ecología y silvicultura. Editorial Científico Técnica. La Habana, Cuba. 289 p.
- BAUER, J. 1982. Especies con potencial para la reforestación en Honduras. Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal. Tegucigalpa, Honduras. 42 p.
- BELLI, MONIQUE L.; ROSE, DIETMAR W.; BLINN, CHARLES R.; HO, KAMHING. 1985. Cash Flow and Sensitivity Analysis Program (Version 3.5). Department of Forest Resource, University of Minnessota.
- CATIE. 1986. Crecimiento y rendimiento de especies para leña en áreas secas y húmedas de América Central. Volumen 2. Turrialba, Costa Rica. 724 p.
- CENTRO CIENTIFICO TROPICAL. 1985. Sistema para la determinación de la capacidad de uso de las tierras de Costa Rica. San José, Costa Rica. 114 p + Anexos.

- CHAVEZ, E.; CHINCHILLA, O. 1989. Factores limitantes en el crecimiento de teca (Tectona grandis L.f.) en la zona de Puntarenas, Costa Rica. Guía agropecuaria de Costa Rica 7(14):64-66.
- CHANG, Y.; SULLIVAN, R. Quantitative Systems for Business. Prentice Hall, Inc. 174 p.
- + CHIJIJOKE, E. O. 1989. Soil factors and growth of Gmelina arborea in Omo Forest Reserve. Forest Ecology and Management 23:245-251.
- CONIF. 1983. Resumen de investigaciones sobre la especie Cordia alliodora (Ruiz & Pavon) Oken "Laurel" y actualización de las investigaciones CONIF. CONIF INFORMA N. 2 (Colombia). 16 p.
- COSTA RICA. 1969. Ley Forestal N°4465. La Gaceta 28 de noviembre de 1969. San José, Costa Rica. 18 p.
- DE CAMINO, R.; NAVARRO, C. 1990. Informe preliminar de costos de reforestación en Costa Rica. CATIE, Costa Rica. (sin publicar) 26 p.
- DE LAS SALAS, G. 1980. El laurel (Cordia alliodora), una especie forestal prometedora para el trópico americano: evidencias en Colombia y Costa Rica. Simposio Productos de Madera en los Neotrópicos por medio de plantaciones. Río Piedras, Puerto Rico. p. 274-286.
- DE LAS SALAS, G.; FRANCO, M. 1978. Influencia del factor edáfico sobre el crecimiento inicial de Cordia alliodora (Ruiz & Pavon) Oken en las terrazas del Río Mira, Nariño, Colombia. Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (CONIF). Bogotá, Colombia. 48 p.
- DIRECCION GENERAL FORESTAL. 1989. Anuario Estadístico N°3. Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas. San José, Costa Rica. 92 p.
- FAO. 1981. El eucalipto en la repoblación forestal. Roma. 723 p.
- FAO. 1976. Eucalyptus for planting. 2 ed. Roma. 198 p.

- FAO. 1975. Prácticas de plantación de árboles en la Sabana Africana. Cuadernos de Fomento Forestal. Roma, Italia. 203 p.
- GIL, P.; FAJARDO, R. 1986. La repoblación forestal en República Dominicana; especies recomendadas. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Santo Domingo, República Dominicana. 43 p.
- GIRALDO, L.G.; DEL VALLE, J.I.; ESCOBAR, M. 1980. El crecimiento del nogal, Cordia alliodora (Ruiz & Pavon) Oken, en relación con algunos factores climáticos, edáficos y fisiográficos en el suroeste de Antioquía, Colombia. En Simposio IUFRO/MAB/SF. Producción de madera en los trópicos por medio de plantaciones, Puerto Rico. p 32-44.
- GITTINGER, J. 1972. Análisis económico de Proyectos agrícolas. Tecnos, Madrid. 241 p.
- GREGERSEN, H.; CONTRERAS, A. 1980. Análisis económico de proyectos forestales. Estado FAO: Montes. 228 p.
- GREGORY, ROBINSON G. 1976. Forest Resources Economy. New York, Willey. 448 p.
- GRIPMA, O. 1969. Eucalyptus deglupta Bl. Una especie forestal prometedora para los trópicos húmedos de América Latina. Dasonomía INteramericana 19(2):267-283.
- HENAO, I. 1980. Estudio de rendimiento y rentabilidad en una plantación de teca (Tectona grandis L.F.) del departamento de Córdoba, Colombia. Crónica Forestal y del Medio Ambiente (Colombia) 2(1-2):1-78.
- HUGHELL, D. 1990. Curvas preliminares de índice de sitio para Eucalyptus deglupta. (sin publicar).
- JADAN P., S.V. 1972. Sistema de clasificación de índice de sitios para Eucalyptus deglupta Bl. en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, IICA. 99 p.

- * JIMENEZ A., M. 1988. Aplicación de un aclareo en Eucalyptus saligna (Smith) y determinación de costos e ingresos económicos de la extracción de los productos. San Ramón, Alajuela. Práctica de Especialidad, ITCR. Cartago, Costa Rica. 131 p.
- JIMENEZ A, S. 1988. Plan de Manejo Finca La Esmeralda. Documento presentado ante la Dirección General Forestal para ingresar la finca al Régimen Foresta. 122 p.
- _____. 1985. Tablas preliminares de crecimiento para Gmelina arborea Roxb. aplicables al Pacífico Seco de Costa Rica. Tesis de Licenciatura en Ciencias Forestales, Universidad Nacional, Escuela de Ciencias Ambientales. 108 p.
- KEOGH, R. M. 1987. The care and management of teak (Tectona grandis L.) plantations. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. 48 p.
- LASO, ENRIQUE; MONTENEGRO, FERNANDO; MUNOZ, MAURO; TOBAK, ABEL. 1987. Análisis económico de inversiones en plantaciones forestales en Ecuador. Ecuador. 106 p.
- LEMCKERT, D. 1983. Tablas preliminares de crecimiento y rendimiento para teca (Tectona grandis) para el Pacífico Sur de Costa Rica. Escuela de Ciencias Ambientales, Universidad Nacional. (sin publicar).
- MADELENA. 1990. Información sobre especies forestales. Sistema MIRA.
- MC GAUGHEY, S.; GREGERSEN, H. 1988. Investment policies and financing mechanisms for sustainable forestry development. Inter-American Development Bank. Washington, D.C. 126 pag.
- MARTINEZ, H. 1986. Silvicultura de algunas especies de árboles de uso múltiple. El Chasqui (Costa Rica) 12:4-16.
- _____. 1981. Evaluación de ensayos de especies forestales en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. UCR/CATIE. 200 p.

- MORA N., B. 1972. Indices de crecimiento de laurel (Cordia alliodora Cham.) en la zona de Santo Domingo de los colorados. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Central, Quito. Ecuador. 67 p.
- MORALES. 1973. Zonificación ecológica de Gmelina arborea Roxb y Eucalyptus globulus Labill para Perú. Tesis Mag.Sc. CATIE-UCR. Turrialba. 138 p.
- MORALES, R.; WHITMORE, J.L. 1975. Apuntes ecológicos sobre Bombacopsis quinatum (Jacq.) Dugand: una revisión bibliográfica. s.n.t. 17 p.
- NAVARRO, C.M. 1988. Evaluación del crecimiento y rendimiento de Bombacopsis quinatum (Jacq) Dugand en 14 sitios en Costa Rica; índices de sitio y algunos aspectos financieros de la especie. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., Programa Universidad de Costa Rica/CATIE. 136 p.
- OBANDO VARGAS, GERMAN. 1989. Construcción de modelos matemáticos de clasificación de sitios para la especie Gmelina arborea (L) Roxb., aplicables a la zona Pacífico Sur de Costa Rica. Puntarenas, Costa Rica. ITCR, Departamento de Ingeniería Forestal, Cartago, Costa Rica. 110 p.
- * ORTEGA, Y.; QUIROS, R.; ALFARO, M.; CARTIN, J. 1989a. Tablas de volumen para Eucalyptus deglupta en Turrialba. Trabajo presentado en el curso de Crecimiento y Rendimiento. CATIE. (sin publicar) 34 p.
- ORTEGA, Y.; QUIROS, R.; ALFARO, M.; MARIN, M.; CARTIN, J.. 1989b. Análisis preliminar de las alternativas de manejo para la finca forestal del CATIE. Trabajo presentado en el curso Economía y Manejo Forestal. CATIE. (sin publicar) 27p.
- PECK, R.B. 1976. Selección preliminar de especies aptas para el establecimiento de bosques artificiales en tierra firme del Litoral Pacífico de Colombia. Instituto Foréstal Latino-Americano de Investigación y Capacitación. Mérida, Venezuela. Boletín N. 50. p. 29-41.

- PEREIRA, M. 1990. Costos y rendimientos en operaciones de corta y desrreme de una plantación de melina de 3 años en Sarapiquí, Costa Rica. Compañía Los Nacientes. (sin publicar).
- PEREZ F., C.A. 1954. Estudio forestal del laurel (Cordia alliodora (Ruiz & Pav) Cham.) en Costa Rica. Tesis Mag.Sc. Turrialba, IICA. 192 p.
- PRITCHETT, W. 1979. Properties and management of forest soils. New York Wiley & Sons. 535 p.
- QUIROS H., R. 1990. Costos y rendimientos en operaciones de aprovechamiento de una plantación de melina de 10.5 años en Hojanca, Costa Rica. (sin publicar).
- REFORESTACION LOS NACIENTES. 1990. Información financiera de la empresa. (sin publicar).
- SALAZAR C., JORGE L. 1989. Estudio de costos de producción: Proyecto Finca Forestal del CATIE. Proyecto final de graduación, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Departamento de Producción Industrial. 102 p.
- SALAZAR, R. 1988. Observaciones preliminares sobre el crecimiento de melina en el trópico americano. Ponencia presentada en la reunión de COFLA, Jamaica. 20 p.
- _____. 1988. Comportamiento del Eucalyptus deglupta en Costa Rica. Silvoenergía (Costa Rica) N. 27. 4 p.
- _____. 1987. Eucalyptus deglupta una especie para las zonas bajas muy húmedas del trópico. Silvoenergía (Costa Rica) N. 24. 4 p.
- SALAZAR, R.; ALBERTIN, W. 1974. Requerimientos edáficos y climáticos para Tectona grandis L. Turrialba 24 (1):66-71.
- SEDJO, R.A. 1983. The comparative economics of plantation forestry. A global assessment. Resources for the future, Inc. Washington, D.C. 161 pag.

- STEARNS, K. s.f. Site index curves for tesk (Tectona grandis) in the Limestone Hill Region of Puerto Rico. Working Paper. Tropical Resource Institute. New Haven, Connecticut. U.S.A. 47 p.
- SOLORZANO S., R.G. 1979. Integración metodológica para la determinación de la rentabilidad de una plantación de laurel (Cordia alliodora) en la finca Kudsu, Sarapiquí, Heredia, Costa Rica. Práctica de Licenciado en Economía Agrícola. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 78 pag.
- SOMARRIBA, E.J.; BEER, J.W. 1987. Dimensions, volumes an growth of Cordia alliodora in agroforestry systems. Forest Ecology and Managemente 18 : 113-126.
- UGALDE A., L.A. 1990. Resumen de crecimiento de las especies prioritarias del proyecto MADELENA en América Central. Informe Interno. CATIE. 21 p.
-
- _____ 1981. Dos intensidades de raleo en plantaciones de Eucalyptus deglupta Blume en Turrialba. Tesis Mg. Sc. CATIE-UCR. Costa Rica. 129 p.
- VASQUEZ, W. 1990. Crecimiento del laurel (Cordia alliodora) en Santa Cecilia, La Cruz, Guanacaste. Boletín Costa Rica Forestal Nº1 Año II p 3-4.
- * VEGA C., L. 1980. El espaciamiento y otras características silviculturales de Eucalyptus deglupta Bl. en Surinam. En .Simposio IUFRO/MAB/SF. Producción de madera en los trópicos por medio de plantaciones, Puerto Rico. p. 216-230.
- VEGA C., L. 1976. La silvicultura de Cordia alliodora (Ruiz & Pavon) como especie exótica en Surinam. En: Curso sobre manejo y aprovechamiento de bosques tropicales. Turrialba, Costa Rica. 42 p.
- VEGA G., L.E.; van BODEGOM, A.J. 1987. Resultados preliminares del crecimiento de Cordia alliodora (laurel) en la zona del Río Bojayá-Chocó-Colombia. CONIF INFORMA N. 9 (Colombia).22 p.

VENEGAS T., L. 1972. Observaciones y experiencias a la reforestación con Cordia alliodora R. et Pav. Cham. Nogal, en Caldas, Bogotá. Nota Técnica N. 12. INDERENA, Colombia. 8 p.

WEBB D., B; WOOD, P.J.; SMITH, J.P.; HENMAN, S.G. 1984. A guide to species selection for tropical and subtropical plantations. Tropical Forestry Papers N. 15. CFI, Oxford. 256 p.

ANEXOS

ANEXO 1.1

INFORMACION GENERAL SOBRE ESPECIES USADAS, AREA ACTUAL
DE PLANTACION POR ESPECIE Y PORCENTAJE DE MORTALIDAD.
COMPAÑIA LOS NACIENTES

ESPECIES USADAS, AREA ACTUAL DE PLANTACION POR ESPECIE Y
 PORCENTAJE DE MORTALIDAD. COMPAÑIA LOS NACIENTES, 1990.

ZONA	FINCA	AREA TOTAL (HA)	ESPECIES	AÑO PLANTACION	AREA (HA) REFOREST	MORTALIDAD (%)
GUANACASTE	MANCHA DE CAGA	507	Melina	1987	175	13
			Pochote		280	10
	EL PORVENIR	812	Melina	1988	180	26
			Pochote		450	15
EL MANGO	1555	Pochote	1988	740	4	
FLAMINGO FORESTAL	534	Melina	1989	198	4	
		Pochote		140	58	
SARAPIQUI	JESSICA	124	Melina	1990	80	na
	DURPE-AKI	420	Melina	1988	156	9
	LA POMA	428	Laurel	1987	27	17
			Melina		125	11
	TIRIMBINA	100	Laurel	1986	86	28
	LOS APAREJOS	301	Melina	1986	158	6
			Laurel		119	31
JENNIFER	64	Melina	1989	46	10	
LOS CHILES	SANTA MARIA ‡	231	Melina	1990-1991	200	na
	NORMA ‡	492	Melina	1990-1991	450	na
	TRES HERMANOS ‡	292	Melina	1990	250	na
	SAYRA	501	Melina	1990-1991	480	na
	ELIA MARIA	694	Melina	1990-1991	675	na
	LOS ROBLES ‡	347	Melina	1990-1991	250	na
	SAN CLEMENTE	979	Melina	1988-1990	675	3
	WENDY	1164	Melina	1989-1991	898	40
TOTAL	9545			6838		

FUENTE: Archivos de la Compañía Los Nacientes y datos de campo.
 na = no se aplica (plantaciones a establecer entre 1990-1991).
 ‡ Fincas arrendadas.

ANEXO 2.1

REQUERIMIENTOS AMBIENTALES DE Gmelina arborea, Eucalyptus deglupta, Bombacopsis quinatum, Cordia alliodora y Tectona grandis.

REQUERIMIENTOS AMBIENTALES DE Gmelina arborea.

PARAMETRO	CONDICIONES OPTIMAS	TOLERA	NO TOLERA
Precipitación	1780-2300 (6)	760-4600 (1,3)	
Temperatura media	18.3-35 (6) 21-26 (1)		
# meses secos	2-4 (8). Estación seca bien definida (1).	1-2 meses con menos de 100 mm.	
Profundidad del suelo	Prefiere suelos profundos (2,5,8).		En suelos muy delgados o con capas impermeables se reduce su crecimiento (3).
Textura	Franco arenosa (2,5).	Arcillo-arenosos (2) Todas (8).	Suelos con características vérticas (3).
Drenaje	Suelos bien drenados (2,5,7).		Suelos mal drenados, no resiste inundaciones ni suelos anegadizos (2,8).
Compactación			No crece bien en suelos compactados (5).
Acidez del suelo	pH alcalino (8) o ligeramente ácido (6)	Un amplio rango de suelos: ácidos, limosos, calcáreos y lateríticos (3,7).	Suelos muy ácidos (2).
Fertilidad	Suelos con buen contenido de nutrientes (3,6). Valles aluviales fértiles con buen drenaje (7). Alta saturación de bases (4).		Suelos infértiles muy ácidos (2), lixiviados (3).

FUENTES: 1. Avila, 1979; 2. Bauer, 1982; 3. CATIE, 1986; 4. Chijioke, 1988; 5. Martínez, 1986;
6. Morales, 1973; 7. Salazar, 1988; 8. Webb, 1988.

REQUERIMIENTOS AMBIENTALES DE Eucalyptus deglupta.

PARAMETRO	CONDICIONES OPTIMAS	TOLERA	NO TOLERA
Precipitación	Regimen uniforme (7)	2000-5000 mm (7). 2540-5080 mm (1).	
Temperatura media	22-30 (2)	20-32 en su habitat natural	
# meses secos	Sin estación seca o poco marcada (1-4 meses con 30-100 mm) (1,2,7).		
Profundidad del suelo	Suelos profundos (5,7)		
Textura	Liviana (6)	Suelos pesados, compactos y superficiales (6).	
Drenaje	Buen drenaje (5,7).		
Compactación	Suelos no compactados.	Suelos compactados (4,5). En éstos se reduce su crecimiento (6).	
Acidez del suelo	pH neutro o ligeramente ácido (5,7).		
Fertilidad	Suelos fértiles (7).		
Competencia	Competencia con malezas (4).		

FUENTE: 1. FAO, 1976; 2. FAO, 1981; 3. Gripena, 1969; 4. Salazar, 1987;
5. Salazar, 1988; 6. Vega, 1980; 7. Webb, 1984.

REQUERIMIENTOS AMBIENTALES DE Bombacopsis quinatum.

PARAMETRO	CONDICIONES OPTIMAS	TOLERA	NO TOLERA
Precipitación	1500-2500 mm (2)		Su crecimiento se reduce con menos de 1500 mm/año (1).
Temperatura media	21-27 (2)		
# meses secos	3-5 meses (3) No mayor a 5 meses (1).		4 o más meses muy secos (menos de 30 mm/mes) (1).
Pendiente	Terrenos planos a moderadamente inclinados (1).		Pendientes fuertes (>40%) (1).
Profundidad del suelo	Suelos profundos (1,2).		
Textura	Franca (1)	Una amplia gama (3).	Suelos con altos contenidos de arcilla (>40%) (1). Suelos con características vérticas.
Drenaje	Suelos con buen drenaje (1,3).		Drenaje imperfecto.
Compactación			Terrenos muy compactados por sobrepastoreo (1).
Acidez del suelo	Neutro o ligeramente ácido (2,3).		
Fertilidad		Suelos con baja fertilidad natural, pero reduce su crecimiento (1).	

FUENTE: 1. Navarro, 1988; 2. Morales y Whitmore, 1975; 3. Webb, 1984.

REQUERIMIENTOS AMBIENTALES DE Cordia alliodora.

PARAMETRO	CONDICIONES OPTIMAS	TOLERA	NO TOLERA
Precipitación	Regimen Uniforme (9)	2000-5000 mm (9) 1000-4000 mm (2)	
Temperatura media		20-32°C (9)	
# meses secos	De 0-1 mes (9)		
Profundidad del suelo	Suelos profundos (8,9)		
Textura	Franco-arenosa (8)		Texturas pesadas (9)
Drenaje	Buen drenaje (5,6,9)		Drenaje interno pobre (3,6,) En sitios con mal drenaje su desarrollo es deficiente (3).
Compactación	Prefiere sitios no compactados (3,4).		
Acidez del suelo	Entre ácido y fuertemente ácido (8), de neutro a ácido (9), pH 5.5 (1).		
Fertilidad	Suelos fértiles (7,9) Alto contenido de M.O. (8)		

FUENTE: 1. Giraldo, del Valle y Escobar, 1980; 2. De las Salas, 1980; 3. De las Salas y Franco, 1978;
4. Martínez, 1981; 5. Mora, 1972; 6. Peck, 1976; 7. Pérez, 1954; 8. Venegas, 1972;
9. Webb, 1984.

REQUERIMIENTOS AMBIENTALES DE *Tectona grandis*.

PARAMETRO	CONDICIONES OPTIMAS	TOLERA	NO TOLERA
Precipitación	1500-2000 (11) Mayor a 1500 mm (1) Mayor a 2000 mm (7).	1250-3000 (10) 1250-2500 (3)	Precipitación mayor a 3500 mm a nivel del mar ().
Temperatura media	22-28 (3)	2-48 en su habitat natural (11).	
• meses secos	3-6 meses (3,10)		
Pendiente	Terrenos planos (7).		Puede favorecer la erosión (7).
Profundidad del suelo	Suelos profundos (3,10).		
Textura	Franco arenosa o ligera- mente arcillosa (1,2,3). Suelos aluviales (7,9).		Suelos arcillosos pesados (2,3), Suelos muy arenosos (1).
Drenaje	Suelos bien drenados (3,7,11).		Mal drenaje (7,10).
Compactación			
Acidez del suelo	Neutros o ligeramente ácidos (1,10)	Suelos ácidos y calcáreos (2,5,10).	
Fertilidad	Suelos fértiles (3,7,10) Suelos con alto contenido de bases (4,6). Alto contenido de M.D. (1).		En suelos infértiles y ácidos se ve reducido su crecimiento

FUENTE: 1. Akinsanmi, 1985; 2. Bauer, 1987; 3. CATIE,, 1986; 4. Chavez y Chinchilla, 1989;
5. Gil y Fajardo, 1986; 6. FAO, 1975; 7. Keogh, 1987; 8. Salazar y Albertin, 1974;
9. Stearns, 1985; 10. Webb, 1984; 11. Chavarría y Quirós, 1985.

ANEXO 2.2

CARACTERISTICAS CLIMATICAS, EDAFICAS Y TOPOGRAFICAS
DE LAS FINCAS PROPIEDAD DE LA COMPAÑIA DE
REFORESTACION LOS NACIENTES.

USO ANTERIOR, CARACTERISTICAS CLIMATICAS, EDAFICAS Y TOPOGRAFICAS
POR FINCA. COMPAÑIA LOS NACIENTES. 1990.

ZONA	FINCA	USO ANTERIOR (ha) †			ELEVACION (msnm)	PRECIPIT (mm)	TEMPERAT (°C)	MESES SECOS (#)	RELIEVE ‡	PENDIENTE MAXIMA ‡ (%)
		Repasto	Charral tacotal	Bosque						
GUANACASTE										
	MANCHA DE CAÑA	455			200-480	1850	29	6	4	50
	EL PORVENIR	613	17		100-320	2000	24	6	2	20
	EL MANGO	740			90-260	1300	23	6	2	30
	FLAMINGO FORESTAL	338			110-380	1856	29	6	4	50
SARAPIQUI										
	JESSICA	34	46		200-260	4420	25	0	3	25
	DURPE-AKI	114	42		180-260	4420	25	0	3	30
	LA POMA	26		126	240-420	4420	25	0	3	40
	TIRIMBINA	56		30	280-400	4241	26	0	3	30
	LOS APAREJOS	277			300-330	4420	25	0	3	30
	JENNIFER	42	4		240-380	4420	25	0	3	40
LOS CHILES										
	SANTA MARIA	100	100		70-80	2675	25	4	1	20
	NORMA	450			30-70	2675	25	4	3	20
	TRES HERMANDS	220	30		200-260	2675	25	4	3	15
	SAYRA	390	90		30-50	2675	25	4	3	5
	ELIA MARIA	200	475		30-50	2675	25	4	2	15
	LOS ROBLES	150	100		40-60	2675	25	4	2	5
	SAN CLEMENTE	462	213		40-50	2675	25	4	2	10
	WENDY	400	498		40-50	2675	25	4	2	15
TOTAL		5067	1615		156					

FUENTE: Archivos Compañía Los Nacientes y datos de campo.

† Plano = 1 Plano-ondulado = 2 Ondulado = 3 Ondulado-quebrado = 4.

CARACTERISTICAS EDAFICAS DE LAS FINCAS. COMPAÑIA LOS NACIENTES. 1990.

ZONA	FINCA	TEXTURA CICE		SATURACION ACIDEZ	PH (H2O)	CLASIFICACION DE SUELOS	OBSERVACIONES **
		(1)	(2)				
GUANACASTE	MANCHA DE CARA	2	10	2	6	Ustic Dystropept	Viento fuerte.
	EL PORVENIR	4	25	5	7	Typic Dystrandept	Viento fuerte; alto en Ca.
	EL MANGO	3 y 4	20	2	6.8	Typic Ustropept	Excluidas áreas con suelo vertisol; bajo en Fósforo.
	FLAMINGO FORESTAL	2	15	4	7	Lytic Ustropept	Pendientes fuertes en algunas áreas; alto en Ca.
SARAPIQUI	JESSICA	4	6	40	6	Andic Dystropept	Suelos profundos.
	DURPE-AKI	3 y 4	6	40	6	Andic Humitropept	Altos en M.O., en Fe y P.
	LA POMA	1	12	3	6	Andic Humitropept	Alto contenido de M.O. y bajo contenido de P.
	TIRIMBINA	3	8	5	5	Andic Humitropept	Altos contenidos M.O. y bajo contenido de P.
	LOS APAREJOS	3	10	10	5	Oxid Dystropept	
JENNIFER	1	15	25	4	Andic Humitropept	Alto en M.O., Fe y P.	
LOS CHILES	SANTA MARIA	4	10	1	6	Aquic Dystropept	Mecanizable, buen drenaje; altos contenidos de Fe y Mn.
	NORMA	4	10	1	6	Oxic Dystropept	Buen drenaje.
	TRES HERMANOS	4	10	1	6	Aquic Dystropept	Áreas inundadas excluidas.
	SAYRA	4	10	2	6	Aquic Dystropept	Mecanizable; alto Fe y Mn.
	ELIA MARIA	4	7	5	6	Aquic Dystropept	Mecanizable; alto Fe y Mn.
	LOS ROBLES	4	7	2	6	Aquic Dystropept	Áreas inundadas excluidas; alto contenido de Fe.
	SAN CLEMENTE	4	14	10	6	Aquic Dystropept	Altos contenidos de Fe y Mn; bajo en Fósforo
	WENDY	4	20	5	5	Aquic Dystropept	Mecanizable, altos contenidos de M.O.

FUENTE: Archivos Compañía Los Nacientes y datos de campo.

(1) Franca = 1 Franco-arenosa = 2 Franco-arcillosa = 3 Arcillosa = 4.

(2) Capacidad Efectiva de Intercambio de Cationes

ANEXO 2.3

AREA TOTAL POR FINCA Y POR CALIDAD DE SITIO DE ACUERDO AL
INCREMENTO DIAMETRICO Y EN ALTURA REGISTRADO EN PARCELAS
PERMANENTES DE MUESTREO.

FINCA	ESPECIE	EDAD (años)	SITIO	Parcelas Permanentes		IMA (3)		AREA (ha)
				IMA dg (1)	IMA h (2)	dg (1)	h (2)	
LOS APAREJOS	MELINA	3	I	5.9	5.0	≥ 3.1	≥ 3.7	84
			II	3.6	2.5	2.0-3.0	2.5-3.6	69
	LAUREL	3	II	1.5	1.2	1.0-1.9	0.9-1.6	100
			III	0.7	0.5	≤ 0.8	≤ 0.7	24
TIRIMBINA	LAUREL	3	I	2.2	2.2	≥ 2.0	≥ 1.7	38
			II	1.5	1.7	1.0-1.9	0.9-1.6	19
			III	1.1	0.9	≤ 0.8	≤ 0.7	29
LA POMA	MELINA	3	III	2.0	1.0	≤ 1.9	≤ 1.5	125
	LAUREL	3	II	1.3	0.9	1.0-1.9	0.9-1.6	27

FUENTE: Registro de parcelas permanentes de muestreo de la Compañía Los Nacientes.

(1) Dado en cm/año.

(2) Dado en m/año.

(3) Usado para comparar el IMA de las especies con la información registrada por Ugalde (1990) a nivel de Centroamérica. Para Laurel se usó la información de las Tablas de Rendimiento.

ANEXO 3.1

TABLAS DE RENDIMIENTO PRELIMINARES PARA Gmelina arborea,
Eucalyptus deglupta, Bombacopsis quinatum, Cordia alliodora
y Tectona grandis EN COSTA RICA.

ANEXO 3.1

TABLAS DE RENDIMIENTO

Debido a que existen tablas de rendimiento solo para teca (Lemckert 1983) y melina (Jiménez 1985), para las otras tres especies se utilizó modelos de crecimiento generados en diversos estudios. Además, las tablas de teca y melina fueron ajustadas.

Se asume que no toda la información que presentan tales tablas está acorde con el desarrollo real de las especies, sobre todo en lo que corresponde a la respuesta de la masa a los raleos. Sin embargo, para los fines de este estudio brindan información suficiente.

A continuación se presenta la lista de abreviaturas usadas en este anexo:

Abreviatura	Significado
Ea	Edad de la plantación en años
Em	Edad de la plantación en meses
Eb	Edad base en meses o años según se indique
IS	Índice de Sitio
dg	Diámetro medio cuadrático en cm
Hm	Altura media en m
Hdom	Altura dominante en m
N	Número de árboles/ha
G	Área basal en m ² /ha
V	Volumen total con corteza en m ³ /ha
LN	Logaritmo natural base e
R ²	Coefficiente de determinación

Tablas preliminares de rendimiento para Gmelina arborea

Para la elaboración de estas tablas se utilizó la información generada por Jiménez (1985) y Obando (1989). Los modelos usados fueron:

a) IS: se usó el modelo propuesto por Obando (1989). Para asegurar que dicho modelo se ajustaba a la información generada para el Pacífico Seco de Costa Rica, se calculó mediante este modelo el IS para cada una de las parcelas que utilizó Jiménez (1985) en su estudio y la variación que hubo en los resultados no fue significativa. El modelo es el siguiente:

$$\text{LN IS} = \text{LN Hdom} - 297.28 \left(\frac{1}{\text{Eb}} 1.83875 \right) - \left(\frac{1}{\text{Em}} 1.83875 \right)$$

$$\text{Eb} = 96 \text{ meses.}$$

$$R^2 = 88\%$$

b) dg:

$$\text{LN dg} = -2.57362 + 0.628804 (\text{LN Ea}) + 0.898354 (\text{LN IS})$$

$$R^2 = 87.9\%$$

c) N: se estimó una secuencia de raleos considerando la propuesta de Jiménez (1985) y con base en experiencias no documentadas realizadas en el país (Rodríguez ¹).

d) Hm:

$$\text{Hm} = -2.8310 + 1.064 (\text{Hdom})$$

$$R^2 = 94\%$$

e) G: Se estableció la diferencia entre la masa principal, la masa intermedia y la total. Esto se hizo solo para efectos de distinguir entre la masa en pie y la masa extraída.

Dado que el diámetro promedio de la masa extraída normalmente es inferior al dg de la masa total, se estima que el área basal calculada para la masa residual es inferior al área basal real.

Sin embargo, para evitar mayor subjetividad a la hora de estimar el dg de la masa residual y el diámetro medio de la masa extraída se asumió el mismo para ambas. Se reconocen los inconvenientes de esta suposición, pues es de esperar que después de cada raleo el dg de la masa residual se incremente.

¹ Rodríguez, Emel. 1990. Raleos en plantaciones de Gmelina arborea en Costa Rica. Hojanca, Costa Rica. (Comunicación Personal).

TABLAS PRELIMINARES DE RENDIMIENTO PARA Gmelina arborea
EN COSTA RICA

Indice de Sitio 16

EDAD (años)	Hdom (m)	MASA EN PIE				MASA EXTRAIDA			MASA ACUMULADA				
		N	DAP (cm)	Hmed (m)	AB (m2)	VOL (m3)	N	AB (m2)	VOL (m3)	AB (m2)	VOL (m3)	IMA (m3/año)	ICA (m3/año)
2	7.2	1000	6.8	4.9	3.7					3.7			
6	15.3	700	13.5	13.4	10.2	74.3	300	4.3	31.8	14.5	106.1	17.7	17.7
10	16.4	490	18.7	14.6	13.6	96.7	210	5.8	41.4	19.4	169.9	17.0	16.0
12	16.6	490	21.0	14.8	17.1	115.3				17.1	188.6	15.7	9.3
14	16.7	340	23.1	14.9	14.4	91.9	150	6.3	40.5	20.7	205.7	14.7	8.6

Indice de Sitio 20

EDAD (años)	Hdom (m)	MASA EN PIE				MASA EXTRAIDA			MASA ACUMULADA				
		N	DAP (cm)	Hmed (m)	AB (m2)	VOL (m3)	N	AB (m2)	VOL (m3)	AB (m2)	VOL (m3)	IMA (m3/año)	ICA (m3/año)
2	9.0	1000	8.3	6.8	5.5					5.5	-		
4	16.8	700	12.8	15.1	9.1	82.0	300	3.9	35.2	13.0	117.2	29.3	58.6
8	20.0	490	19.8	18.4	15.3	142.4	210	6.5	61.0	21.7	238.6	29.8	ERR
12	20.7	340	25.6	19.2	17.7	142.1	150	7.7	62.7	25.4	301.0	25.1	ERR
14	20.9	340	28.2	19.4	21.5	160.9				21.5	319.7	22.8	9.4

Indice de Sitio 24

EDAD (años)	Hdom (m)	MASA EN PIE				MASA EXTRAIDA			MASA ACUMULADA				
		N	DAP (cm)	Hmed (m)	AB (m2)	VOL (m3)	RALED	AB (m2)	VOL (m3)	AB (m2)	VOL (m3)	IMA (m3/año)	ICA (m3/año)
2	10.8	1000	9.8	8.7	7.5					7.5	-		
4	20.2	600	15.1	18.6	10.7	124.0	400	7.2	82.6	17.9	206.6	51.6	51.6
8	24.0	400	23.4	22.7	17.2	182.7	200	8.6	91.4	25.8	356.7	44.6	37.5
12	24.9	200	30.2	23.6	14.3	127.9	200	14.3	127.9	28.7	429.9	35.8	18.3
14	25.1	200	33.2	23.8	17.3	143.9				17.3	445.8	31.8	8.0

Esto trae como consecuencia una posible subestimación en el cálculo del área basal y el volumen total final a producir por especie y por sitio.

$$G = (dg/100)^2 * 0.7854 * N$$

f) V:

$$V = -0.07655 + 0.0010052 (dg) (Hm) \quad R^2 = 93\%$$

Tablas preliminares de rendimiento para Eucalyptus deglupta

Para la elaboración de estas tablas se utilizó la información generada por Hughell (1990) y Salazar (1988). Además, el modelo para el diámetro (dg) fue elaborado para los fines de este estudio con información de la base de datos del Proyecto Madeleña. Los modelos usados son:

a) IS: se usó el modelo propuesto por Hughell (1990), el cual es de carácter preliminar pues considera la altura media para la estimación del IS, esto debido a que no se cuenta con información sobre la altura dominante. La edad base es de 15 años:

$$LN IS = 3.60972 + (LN Hm - 3.60972) * Ea/Eb$$

b) dg:

$$LN dg = -3.23451 + 0.65866 (LN Ea) + 1.4233 (LN IS)$$

$$R^2 = 89\%$$

c) N: se estimó una secuencia de raleos considerando la información presentada por Ugalde (1981) y Salazar (1988).

d) G: Se trabajó bajo el mismo principio que se indicó para la especie anterior.

$$G = (dg/100)^2 * 0.7854 * N$$

e) V:

$$LN V = -9.8869 + 1.7791 (LN dg) + 1.1176 (LN Hm)$$

$$R^2 = 98\%$$

TABLAS PRELIMINARES DE RENDIMIENTO PARA Eucalyptus deglupta
EN COSTA RICA.

Indice de sitio = 20

EDAD (años)	N	MASA EN PIE				MASA EXTRAIDA			MASA ACUMULADA			
		DAP (cm)	Hmed (m)	AB (m ²)	VOL (m ³)	N	AB (m ²)	VOL (m ³)	AB (m ²)	VOL (m ³)	IMA (m ³ /año)	ICA (m ³ /año)
4	1000	7.0	3.7	3.8	7.0				3.8	7.0	1.7	
8	1000	11.0	11.7	9.5	56.7				9.5	56.7	7.1	15.2
10	1000	12.8	14.7	12.8	95.2				12.8	95.2	9.5	19.3
12	700	14.4	17.2	11.4	98.0	300	4.9	42.0	16.2	139.9	11.7	22.4
18	400	18.8	22.2	11.1	119.8	300	8.3	89.8	19.4	251.6	14.0	19.8
20	400	20.1	23.3	12.7	143.5				12.7	275.3	13.8	11.9

Indice de sitio = 24.

EDAD (años)	N	MASA EN PIE				MASA EXTRAIDA			MASA ACUMULADA			
		DAP (cm)	Hmed (m)	AB (m ²)	VOL (m ³)	N	AB (m ²)	VOL (m ³)	AB (m ²)	VOL (m ³)	IMA (m ³ /año)	ICA (m ³ /año)
4	1000	9.0	7.3	6.42	23.7				6.42	23.7	5.9	
8	1000	14.3	16.5	16.00	131.8				16.00	131.8	16.5	31.1
10	650	16.5	19.4	13.96	133.3	350	7.52	71.8	21.47	205.1	20.5	36.6
14	450	20.6	23.3	15.05	168.3	200	6.69	74.8	21.74	314.9	22.5	28.5
18	275	24.4	25.8	12.81	154.9	125	5.82	70.4	18.63	371.8	20.7	7.7
20	275	26.1	26.7	14.72	182.4				14.72	399.4	20.0	13.8

Indice de sitio = 28.

EDAD (años)	N	MASA EN PIE				MASA EXTRAIDA			MASA ACUMULADA			
		DAP (cm)	Hmed (m)	AB (m ²)	VOL (m ³)	N	AB (m ²)	VOL (m ³)	AB (m ²)	VOL (m ³)	IMA (m ³ /año)	ICA (m ³ /año)
4	11.3	1000	13.1	9.96	66.8				9.96	66.8	16.7	
6	14.7	1000	18.5	16.99	158.2				16.99	158.2	26.4	45.7
8	17.8	650	22.0	16.13	174.8	350	8.69	94.1	24.82	269.0	33.6	55.4
12	23.2	350	26.1	14.82	183.7	300	12.70	157.5	27.52	435.3	36.3	43.1
18	30.3	250	29.3	18.06	240.1	100	7.22	96.0	25.28	587.8	32.7	26.3
20	32.5	250	30.0	20.75	278.8				20.75	626.4	31.3	19.3

**Tablas preliminares de rendimiento para Bombacopsis
quinatum**

Para la elaboración de estas tablas se utilizó la información generada por Navarro (1988). Además, el modelo para la estimación del diámetro (dg) fue elaborado para los fines de este estudio con información de la base de datos del Proyecto Madeleña. Los modelos usados son:

a) IS: se usó el modelo propuesto por Navarro (1988):

$$\text{LN IS} = \text{LN (Hdom)} - 5.3012 \left((1/\text{Eb}^{0.188}) - (1/\text{Ea}^{0.188}) \right)$$

Eb = 10 años.

b) dg:

$$\text{dg} = 15.4704 + 0.0844 (\text{edad}) - 122.1603 (1/\text{IS})$$

$$R^2 = 89\%$$

c) N: se estimó una secuencia de raleos considerando la información presentada por Ugalde (1981) y Salazar (1988).

d) Hm:

$$\text{LN Hm} = -0.29536 + 0.93953 (\text{LN dg})$$

$$R^2 = 87\%$$

e) G: Se trabajó bajo el mismo principio que se indicó para la especie anterior.

$$G = (\text{dg}/100)^2 * 0.7854 * N$$

f) V:

$$V = G * \text{Hm} * 0.5$$

Tablas preliminares de rendimiento para Cordia alliodora

Para la elaboración de estas tablas se utilizó la información generada por Somarriba y Beer (1987) y McKenzie y Peck (1969). Los modelos usados son:

a) IS: Para la construcción de las tablas de rendimiento por clase de sitio se usó la información presentada por Somarriba y Beer (1987). Se tomó los valores promedio de diámetro y altura, los superiores e inferiores presentados por los autores y se asumió que los valores del extremo superior representan la evolución de

TABLAS PRELIMINARES DE RENDIMIENTO PARA Bombacopsis quinatum
EN EL PACIFICO SECO, COSTA RICA.

Indice de Sitio 10

EDAD (años)	Hdom (m)	MASA EN PIE					MASA EXTRAIDA				MASA ACUMULADA			
		N	DAP (cm)	Hmed (m)	AB (m2)	VOL (m3)	RALEO	AB (m2)	VOL (m3)	AB (m2)	VOL (m3)	IMA (m3/año)	ICA (m3/año)	
4	5.1	1000	7.3	5.0	4.2	9.4				4.2	9.4	2.4		
6	7.0	1000	9.3	6.4	6.8	19.6				6.8	19.6	3.3	5.1	
8	8.6	1000	11.4	7.8	10.1	35.5				10.1	35.5	4.4	7.9	
10	10.0	700	13.4	9.2	9.8	40.7	300	4.2	17.5	14.1	58.2	5.8	11.3	
16	14.8	450	19.5	13.4	13.4	80.9	250	7.4	44.9	20.8	143.3	9.0	17.7	
22	19.5	250	25.5	17.7	12.8	101.9	200	10.2	81.5	23.0	245.8	11.2	20.2	
30	25.2	250	33.0	22.9	21.4	220.6				21.4	364.5	12.2	13.4	

Indice de Sitio 14

EDAD (años)	Hdom (m)	MASA EN PIE					MASA EXTRAIDA				MASA ACUMULADA			
		N	DAP (cm)	Hmed (m)	AB (m2)	VOL (m3)	RALEO	AB (m2)	VOL (m3)	AB (m2)	VOL (m3)	IMA (m3/año)	ICA (m3/año)	
4	8.4	1000	10.8	7.4	9.2	30.5				9.2	30.5	7.6		
6	9.8	1000	12.8	8.8	12.9	51.2				12.9	51.2	8.5	10.3	
8	12.0	1000	14.8	10.2	17.3	79.6				17.3	79.6	9.9	14.2	
10	14.0	650	16.9	11.6	14.5	76.0	350	7.8	40.9	22.4	117.0	11.7	18.7	
16	18.9	350	22.9	15.9	14.5	103.4	300	12.4	88.6	26.9	233.0	14.6	23.3	
24	23.9	200	31.0	21.6	15.1	146.9	150	11.4	110.2	26.5	386.6	16.1	23.6	
30	27.0	200	36.6	25.0	21.0	236.7				21.0	476.5	15.9	12.1	

Indice de Sitio 18

EDAD (años)	Hdom (m)	MASA EN PIE					MASA EXTRAIDA				MASA ACUMULADA			
		N	DAP (cm)	Hmed (m)	AB (m2)	VOL (m3)	RALEO	AB (m2)	VOL (m3)	AB (m2)	VOL (m3)	IMA (m3/año)	ICA (m3/año)	
4	9.2	1000	12.7	8.7	12.7	50.1				12.7	50.1	12.5		
6	12.6	1000	14.8	10.2	17.1	78.2				17.1	78.2	13.0	14.0	
8	15.5	650	16.8	11.6	14.4	74.9	350	7.7	40.3	22.1	115.2	14.4	18.5	
14	22.4	400	22.9	15.8	16.4	116.8	250	10.3	73.0	26.7	230.2	16.4	23.1	
20	27.7	300	28.9	20.1	19.7	178.2	100	6.6	59.4	26.3	351.0	17.5	23.3	
26	32.2	200	35.0	24.3	19.3	210.9	100	9.6	105.5	28.9	489.2	18.8	26.0	
30	34.8	200	39.1	27.1	24.0	292.3				24.0	570.5	19.0	21.6	

TABLAS PRELIMINARES DE RENDIMIENTO PARA Cordia alliodora
EN COSTA RICA.

Sitio III

EDAD (años)	N	MASA EN PIE				MASA EXTRAIDA			MASA ACUMULADA			
		DAP (cm)	Hmed† (m)	AB (m ²)	VOL (m ³)	N	AB (m ²)	VOL (m ³)	AB (m ²)	VOL (m ³)	IMA (m ³ /año)	ICA (m ³ /año)
4	1000	3.0	2.7	0.7	0.8				0.7	0.8	0.2	0.4
8	1000	7.0	6.1	3.8	9.4				3.8	9.4	1.2	2.4
10	700	10.0	8.5	5.5	18.7	300	2.4	8.0	7.9	26.7	2.7	8.6
16	450	21.0	16.4	15.6	102.0	250	8.7	56.7	24.2	166.7	10.4	36.0
20	250	27.5	20.4	14.8	121.4	200	11.9	97.1	26.7	283.3	14.2	30.3
26	175	33.5	23.9	15.4	147.3	75	6.6	63.1	22.0	372.3	14.3	12.5
30	175	36.0	25.2	17.8	179.6				17.8	404.6	13.5	6.7

Sitio II

EDAD (años)	N	MASA EN PIE				MASA EXTRAIDA			MASA ACUMULADA			
		DAP (cm)	Hmed† (m)	AB (m ²)	VOL (m ³)	N	AB (m ²)	VOL (m ³)	AB (m ²)	VOL (m ³)	IMA (m ³ /año)	ICA (m ³ /año)
4	1000	4.0	3.6	1.3	1.8				1.3	1.8	0.5	0.8
8	1000	9.0	7.7	6.4	19.6				6.4	19.6	2.4	6.8
10	600	14.0	11.5	9.2	42.5	400	6.2	28.3	15.4	70.8	7.1	25.6
14	300	23.5	18.0	13.0	93.6	300	13.0	93.6	26.0	215.5	15.4	42.5
20	125	35.5	24.9	12.4	123.5	175	17.3	172.9	29.7	418.2	20.9	37.0
30	125	45.4	29.8	20.2	241.2				20.2	536.0	17.9	9.8

Sitio I

EDAD (años)	N	MASA EN PIE				MASA EXTRAIDA			MASA ACUMULADA			
		DAP (cm)	Hmed† (m)	AB (m ²)	VOL (m ³)	N	AB (m ²)	VOL (m ³)	AB (m ²)	VOL (m ³)	IMA (m ³ /año)	ICA (m ³ /año)
4	1000	7.9	6.8	4.9	13.5				4.9	13.5	3.4	6.2
8	600	17.2	13.8	13.9	76.6	400	9.3	51.1	23.2	127.7	16.0	37.9
12	300	25.9	19.5	15.8	122.8	300	15.8	122.8	31.6	296.7	24.7	48.8
16	175	33.6	23.9	15.5	148.3	125	11.1	105.9	26.6	428.1	26.8	35.3
22	100	43.0	28.7	14.5	166.8	75	10.9	125.1	25.4	571.6	26.0	24.8
30	100	51.7	32.5	21.0	273.7				21.0	678.5	22.6	12.3

†No se dispone de la altura dominante (m) por el carácter preliminar de la información con que se estimó la producción de cada sitio.

también "Clase I". A los valores promedio se les denominó como Clase II y a los valores localizados en el extremo inferior de la curva se les asignó la Clase III.

Por tanto, la clasificación es solo para uso de este estudio y está basada en información muy preliminar.

b) N: se estimó una secuencia de raleos considerando la información presentada por McKenzie y Peck (1969).

c) Hm:

$$Hm = \exp(-0.0541 + 0.9799 (\text{LN } dg) - 0.00639 (dg))$$

$$R^2 = 85\%$$

d) G: Se trabajó bajo el mismo principio que se indicó para la especie anterior.

$$G = (dg/100)^2 * 0.7854 * N$$

e) V:

$$V = G * Hm * 0.4$$

Tablas preliminares de rendimiento para *Tectona grandis*

Para la elaboración de estas tablas se utilizó la información generada por Lemckert (1983) y Keogh (1987). Los modelos usados son:

a) IS: se usó el modelo propuesto por Lemckert (1983), el cual trabaja con una edad base de 15 años. El autor confeccionó tablas de rendimiento para los índices de sitio 15, 18, 21, 24 y 27. Para realizar el presente trabajo se seleccionaron las tablas para los índices de sitio 15, 18 y 21 ya que presentan el ámbito de crecimiento más comúnmente reportado en Costa Rica.

El autor usa para clasificar el IS la altura media y no la altura dominante. Esto tiene serios inconvenientes pues la primera varía de acuerdo al manejo dado a la plantación. Sin embargo, por no contar con más información disponible al momento de realizar el presente trabajo se usó estos modelos.

De acuerdo a la clasificación de sitios elaborada por Keogh (1987) para Centro América y el Caribe, la clase I es equivalente al IS 21, la clase II al IS 18 y la Clase III al IS 15.

$$IS = ((Hm)^{1/b} * a) / a^{1/b}$$

donde: $a = 10^{1.7024}$ $b = (Eb/Ea)^{0.3847}$

b) dg:

Se usó la evolución en diámetro propuesta por Lemckert (1983) para cada IS. No se tiene referencia del modelo usado por el autor para estimar este parámetro.

c) N: se estimó una secuencia de raleos diferente a la propuesta por Lemckert (1983) ya que este autor propone la ejecución de raleos cada 2 o 4 años, lo que se considera un régimen de raleos muy frecuente y problemático por la escasés de mercado para los productos que se obtienen en este tipo de intervenciones silvícolas.

d) Hm:

$$Hm = 10^{1.7024} (IS/10^{1.7024})^{0.3874} (Edad\ base/Edad)$$

R² = no se indica.

e) Hdom: (Lemckert 1983)

$$Hdom = Hm * 1.1565$$

f) G:

$$G = (dg/100)^2 * 0.7854 * N$$

g) V: f = 0.47 según lo indica Lemckert (1983).

$$V = G * Hm * 0.47$$

TABLAS PRELIMINARES DE RENDIMIENTO PARA *Tectona grandis*
EN COSTA RICA

Indice de Sitio 15

EDAD (años)	Hdom (m)	N	MASA EN PIE				MASA EXTRAIDA			MASA ACUMULADA			
			DAP (cm)	Hm (m)	AB (m ²)	VOL (m ³)	N	AB (m ²)	VOL (m ³)	AB (m ²)	VOL (m ³)	IMA (m ³ /año)	ICA (m ³ /año)
4	7.3	1000	4.7	6.3	1.7	5.1				1.7	5.1	1.3	
8	12.3	1000	9.6	10.6	7.2	36.2				7.2	36.2	4.5	9.2
10	14.0	1000	11.5	12.1	10.4	59.2				10.4	59.2	5.9	11.5
14	16.8	600	14.9	14.5	10.5	71.3	400	7.0	47.5	17.4	118.8	8.5	15.7
24	21.3	400	20.8	18.4	13.6	117.8	200	6.8	58.9	20.4	224.2	9.3	11.1
32	23.8	275	24.3	20.6	12.8	123.2	125	5.8	56.0	18.6	285.6	8.9	7.7
40	25.7	275	27.6	22.2	16.4	170.9				16.4	333.3	8.3	5.9

Indice de Sitio 18

EDAD (años)	Hdom (m)	N	MASA EN PIE				MASA EXTRAIDA			MASA ACUMULADA			
			DAP (cm)	Hm (m)	AB (m ²)	VOL (m ³)	N	AB (m ²)	VOL (m ³)	AB (m ²)	VOL (m ³)	IMA (m ³ /año)	ICA (m ³ /año)
4	8.7	1000	5.9	7.5	2.7	9.6				2.7	9.6	2.4	
8	15.5	1000	13.5	13.4	14.3	90.4				14.3	90.4	11.3	21.0
10	17.4	750	15.7	15.0	14.5	102.6	250	4.8	34.2	19.4	136.7	13.7	23.2
18	22.4	500	22.1	19.3	19.2	174.3	250	9.6	87.1	28.8	295.6	16.4	20.1
24	24.8	350	26.1	21.4	18.7	188.7	150	8.0	80.9	26.8	390.9	16.3	16.6
30	26.7	200	29.5	23.1	13.7	148.2	150	10.3	111.1	23.9	461.5	15.4	12.1
40	29.0	200	34.5	25.1	18.7	220.6				18.7	533.9	13.3	7.2

Indice de Sitio 21

EDAD (años)	Hdom (m)	N	MASA EN PIE				MASA EXTRAIDA			MASA ACUMULADA			
			DAP (cm)	Hm (m)	AB (m ²)	VOL (m ³)	N	AB (m ²)	VOL (m ³)	AB (m ²)	VOL (m ³)	IMA (m ³ /año)	ICA (m ³ /año)
4	11.0	1000	8.2	9.5	5.3	23.6				5.3	23.6	5.9	
6	16.5	1000	14.6	14.3	16.7	112.5				16.7	112.5	18.7	44.5
8	18.4	600	17.6	15.9	14.6	109.4	400	9.7	72.9	24.3	182.3	22.8	34.9
12	22.4	400	22.9	19.4	16.5	149.8	200	8.2	74.9	24.7	297.7	24.8	33.4
18	25.8	200	27.9	22.3	12.2	128.3	200	12.2	128.3	24.5	404.4	22.5	21.1
32	30.5	150	37.6	26.4	16.7	206.4	50	5.6	68.8	22.2	551.4	17.2	10.1
40	32.2	150	41.7	27.8	20.5	268.1				20.5	613.0	15.3	7.9

ANEXO 3.2

COSTOS DE ESTABLECIMIENTO Y MANTENIMIENTO DE PLANTACIONES DE
Gmelina arborea, Eucalyptus deglupta, Bombacopsis quinatum,
Cordia alliodora y Tectona grandis DURANTE LOS
PRIMEROS CINCO AÑOS. COSTA RICA. 1990.

COSTOS DE MANTENIMIENTO DESDE EL SEGUNDO HASTA EL QUINTO AÑO PARA
Gmelina arborea BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE VEGETACION
 ANTERIOR. GUANACASTE, COSTA RICA. 1990.

ACTIVIDAD	TIPO DE VEGETACION					
	Tacotal alto		Tacotal bajo		Repasto	
	M.O.	Insumos	M.O.	Insumos	M.O.	Insumos
=====						
AÑO 2						
Chapias	6.7		4.2		4.2	
Rodajas	10		8.3		8.3	
Fertilización	1	1790.1	1	1790.1	1	1790.1
Protección (control de pl gas y rondas cortafuego)	2	200	2.5	200	2.5	200

AÑO 3						
Chapias	4.2		4.2		4.2	
Protección (control de pl gas y rondas cortafuego)	2	200	2	200	2	200

AÑO 4						
Chapias	4.2		4.2		4.2	
Protección (control de pl gas y rondas cortafuego)	2	200	2	200	2	200

AÑO 5						
Protección (control de pl gas y rondas cortafuego)	1	200	1	200	1	200
=====						
TOTAL M.O. (POR HA)	33.1		29.4		29.4	
TOTAL GASTOS (¢/HA)	21352.8	2590.1	18965.9	2590.1	18965.9	2590.1
TOTAL AÑOS 2-5 (¢/ha)		23942.9		21556.0		21556.0
TOTAL DURANTE LOS CINCO		94451.9		76262.1		65258.8

COSTOS DE MANTENIMIENTO DESDE EL SEGUNDO HASTA EL QUINTO AÑO EN
PLANTACIONES DE Gmelina arborea BAJO DIFERENTES CONDICIONES
DE VEGETACION ANTERIOR. ZONA NORTE, COSTA RICA. 1990.

ACTIVIDAD	TIPO DE VEGETACION					
	Tacotal alto		Tacotal bajo		Repasto	
	M.O.	Insumos	M.O.	Insumos	M.O.	Insumos
AÑO 2						
Chapias	12		8.1		8.1	
Rodajas	12	3618.2	10.3	2054	10.3	2054
Fertilización	3	1487.3	3	1487.3	3	1487.3
Deshija	4		4		4	
Protección (control de plagas y rondas cortafuego)	1	77.5	1	77.5	1	77.5
AÑO 3						
Chapias	6		8.1		8.1	
Rodajas	7.8	1027	7.8	1027	7.8	1027
Protección	1	77.5	1	77.5	1	77.5
AÑO 4						
Chapias	12		12		12	
Rodajas	2	1027	2	1027	2	1027
Protección	1	77.5	1	77.5	1	77.5
TOTAL M.O. (POR HA)	61.8		58.3		58.3	
TOTAL CAPITAL (¢/HA)	39867.2	7392.0	37609.3	5827.8	37609.3	5827.8
TOTAL (¢/ha)	47259.2		43437.1		43437.1	
TOTAL DURANTE LOS CINCO PRIMEROS AÑOS	109195.0		93462.1		87475.1	

COSTOS DE ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES DE Eucalyptus deglupta
BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE VEGETACION ANTERIOR.
ZONA NORTE, COSTA RICA. 1990.

Densidad inicial (Árb/ha) = 1111 Precio/jornal (¢) = 448
1 Jornal (horas/día) = 8 (Precio establecido/Ley)
Cargas sociales = 44 %
Precio/jornal (con C.S.) (¢) 645.1
Precio/jornal ocasional (¢)

ACTIVIDAD	TIPO DE VEGETACION			
	Tropical alto M.O.		Repasto + árboles M.O.	
	M.O.	Insumos	M.O.	Insumos
Voltea, socola, pica y quema de residuos	20	3000		
Preparación del terreno (incluye chapia y cerca)			6	2000
Plantación (incluye marcaje, rodajea, hoyado, distribución de plantas y plantación)	17.5	8888	12.1	8888
Replante	1	888	1	888
Fertilización (granulada o foliar)	3.2	930	3.2	1572
Protección = control de plagas	1	320	1	320
Chapias y desmatona si es necesario	18		20.7	
Rodajas	5	7702	9.2	2546
TOTAL M.O. (POR HA)	65.7		53.2	
TOTAL CAPITAL (¢/HA)	42383.1	21728.0	34319.3	16214.0
TOTAL AÑO 1 (¢/ha)	64111.1		50533.3	

Continúa...

COSTOS DE MANTENIMIENTO DESDE EL SEGUNDO HASTA EL QUINTO AÑO EN
 PLANTACIONES DE Eucalyptus deglupta BAJO DIFERENTES CONDICIONES
 DE VEGETACION ANTERIOR. ZONA NORTE, COSTA RICA. 1990.

ACTIVIDAD	TIPO DE VEGETACION			
	Tacotal alto M.O. Insumos		Repasto + árboles M.O. Insumos	
=====				
AÑO 2				
Chapias	12		13.8	
Rodajas	12	3618.2	8.5	3618.2
Protección (control de plagas)	1	204	1	204

AÑO 3				
Chapias	6		13.8	
Rodajas	6	1027	8.5	1027
Protección	1		1	

AÑO 4				
Chapias	12		12	
Rodajas	2	1027	2	1027
Protección	0.5		0.5	

AÑO 5				
Protección	0.5		0.5	
=====				
TOTAL M.O. (POR HA)	53		61.6	
TOTAL CAPITAL (¢/HA)	34190.3	5876.2	39738.2	5876.2
TOTAL (¢/ha)	40066.5		45614.4	
=====				
TOTAL DURANTE LOS CINCO PRIMEROS AÑOS	104177.5		96147.7	

COSTOS DE ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES DE Eucalyptus deglupta
BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE VEGETACION ANTERIOR.
ZONA NORTE, COSTA RICA. 1990.

Densidad inicial (árboles/ha) = 1600
1 Jornal (horas/día) = 8

Precio/jornal (¢) = 448
(Precio establecido/Ley)
Cargas sociales = 44 %
Precio/jornal (con C.S.) (¢) 645.1
Precio/jornal ocasional (¢)

ACTIVIDAD	TIPO DE VEGETACION			
	Tacotal alto		Repasto	
	M.O.	Insumos	M.O.	Insumos
Voltea, socola, pica y quemado de residuos	6.5	2500	1	1600
Preparación del terreno (incluye chapia y cerca)	18.6		6	
Plantación (incluye marcaje, rodajea, hoyado, distribución de plantas y plantación)	30	12800	17.8	12800
Replante (10%, 15%)	1	1280	2	1920
Fertilización (granulada o foliar)	1	2494	1	2494
Protección = control de plagas	1	920	1	920
Chapias y desmatona si es necesario	23		27	
Rodajas	14.6	1350	12	1350
TOTAL M.O. (POR HA)	95.7		67.8	
TOTAL CAPITAL (¢/HA)	61736.07	21344	43737.78	21084
TOTAL AÑO 1 (¢/ha)	83080.07		64821.78	

Continúa...

COSTOS DE MANTENIMIENTO DESDE EL SEGUNDO HASTA EL QUINTO AÑO EN
PLANTACIONES DE Eucalyptus deglupta BAJO DIFERENTES CONDICIONES
DE VEGETACION ANTERIOR. ZONA NORTE, COSTA RICA. 1990.

Densidad inicial = 1600 arb./ha

ACTIVIDAD	TIPO DE VEGETACION			
	Tacotal alto		Repasto	
	M.O.	Insumos	M.O.	Insumos
AÑO 2				
Chapias	13.4		20	
Rodajas	9	1027	7.5	1027
Fertilización	2.5	1487.3	2.5	1487.3
Protección (control plagas)	0.5	460	0.5	460
AÑO 3				
Chapias	8.5		13	
Rodajas	4	1027	3.4	1027
Protección	0.5	460	0.5	460
AÑO 4				
Protección	0.5	460	0.5	460
AÑO 5				
Protección	0.5	460	0.5	460
TOTAL M.O. (PDR HA)	39.4	5381.3	48.4	5381.3
TOTAL CAPITAL (¢/HA)	25416.94		31222.84	
TOTAL (¢/ha)	30798.24		36604.14	
TOTAL DURANTE LOS CINCO PRIMEROS AÑOS	113878.3		101425.9	

COSTOS DE ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES DE Bombacopsis quinatum
BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE VEGETACION ANTERIOR.
GUANACASTE, COSTA RICA. 1990.

Densidad inicial (árboles/ha) 1111 Precio/jornal = 448
1 Jornal (horas/día) = 8 (Precio establecido/Ley)
Cargas sociales = 44 %
Precio/jornal (con C.S.) (¢) 645.1
Precio/jornal ocasional (¢) =

ACTIVIDAD	TIPO DE VEGETACION					
	Tacotal alto		Tacotal bajo		Repasto + árboles	
	M.O.	Insumos	M.O.	Insumos	M.O.	Insumos
Voltea, socola, pica y quemado de residuos	22.3	4000	14.6	2500		
Preparación del terreno (incluye chapia y cerca)	3.1	1880	1	343.6	8.5	2346.6
Plantación (incluye marcaje, rodajea, hoyado, distribución de plantas y plantación)	18	8888	15.3	8888	14.3	8888
Replante (25%, 25%, 10%)	2	2222	2	2222	1	888
Fertilización (granulada o foliar)	2	1450	2	1934	2	1934
Protección = control de plagas y rondas cortafuego	2	320	2	320	2.5	520
Chapias y desmatona si es necesario	12		12		12	
Rodajas	4.2	2591	6	1125	12	
TOTAL M.O. (POR HA)	65.6		54.9		52.3	
TOTAL CAPITAL (¢/HA)	42318.6	21351.0	35416.0	17332.6	33738.7	14576.6
TOTAL AÑO 1 (¢/ha)	63669.6		52748.6		48315.3	

Continúa...

COSTOS DE MANTENIMIENTO DESDE EL SEGUNDO HASTA EL QUINTO AÑO PARA
Bombacopsis quinatum BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE VEGETACION
 ANTERIOR. GUANACASTE, COSTA RICA. 1990.

ACTIVIDAD	TIPO DE VEGETACION					
	Tacotal alto		Tacotal bajo		Repasto	
	M.O.	Insumos	M.O.	Insumos	M.O.	Insumos
AÑO 2						
Chapias	14		11.2		6.9	
Carriles	12	1027	5	896.8	10.4	896.8
Fertilización	2	1660	2	1660	2	1660
Protección (control de plagas y rondas cortafuego)	2	200	2	200	2	200
AÑO 3						
Chapias	7		7		7	
Protección (control de plagas y rondas cortafuego)	2		2		2	
AÑO 4						
Chapias	7		7		7	
Protección (control de plagas y rondas cortafuego)	1		1		1	
AÑO 5						
Protección (control de plagas y rondas cortafuego)	1		1		1	
TOTAL M.O. (POR HA)	48		38.2		39.3	
	30964.8	2887	24642.8	2756.8	25352.4	2756.8
TOTAL (¢/ha)	33851.8		27399.6		28109.2	
TOTAL DURANTE LOS CINCO PRIMEROS AÑOS	97521.4		80148.2		76424.6	

COSTOS DE ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES DE *Cordia alliodora*
BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE VEGETACION ANTERIOR.
ZONA NORTE, COSTA RICA. 1990.

Densidad inicial (árboles/ha) = 1111
1 Jornal (horas/día) = 8

Precio/jornal (¢) = 448
(Precio establecido/Ley)
Cargas sociales = 44 %
Precio/jornal (con C.S.) (¢) 645.1
Precio/jornal ocasional (¢)

ACTIVIDAD	TIPO DE VEGETACION			
	Tacotal alto		Repasto	
	M.O.	Insumos	M.O.	Insumos
Voltea, socola, pica y quemada de residuos	16	2500		
Preparación del terreno (incluye chapia y cerca)	11		9.2	
Plantación (incluye marcaje, rodajea, hoyado, distribución de plantas y plantación)	24	8888	16.8	8888
Replante (10%, 20%)	2	888	2	1776
Fertilización (granulada o foliar)	5	1945.4	5	1945.4
Deshija	4		3	
Protección = control de plagas	1.5	320	1.5	320
Chapias y desmatona si es necesario	18		13.9	
Rodajas	11	6639.2	11	6639.2
TOTAL M.O. (POR HA)	92.5		62.4	
TOTAL CAPITAL (¢/HA)	59671.8	21180.6	40254.2	19568.6
TOTAL AÑO 1 (¢/ha)	80852.4		59822.8	

Continúa...

COSTOS DE MANTENIMIENTO DESDE EL SEGUNDO HASTA EL QUINTO AÑO EN
PLANTACIONES DE Cordia alliodora BAJO DIFERENTES CONDICIONES
DE VEGETACION ANTERIOR. ZONA NORTE, COSTA RICA. 1990.

ACTIVIDAD	TIPO DE VEGETACION			
	Tropical alto		Repasto	
	M.O.	Insumos	M.O.	Insumos
AÑO 2				
Chapias y desmatona	16		12	
Rodajas	12	2591.2	10.3	2591.2
Fertilización	3	1304.4	3	1132.5
Protección (control de plagas)	1	320	1	320
AÑO 3				
Chapias y desbejucado	14		12	
Rodajas	10.3	1027	10.3	1027
Protección	1	320	1	320
AÑO 4				
Chapias y desbejucado	14		12	
Rodajas	10.3	1027	10.3	1027
Protección	1	320	1	320
AÑO 5				
Chapias	7		6	
Poda				
Protección	1		1	
TOTAL M.O. (POR HA)	90.6		79.9	
TOTAL CAPITAL (¢/HA)	58446.1	6909.6	51543.5	6737.7
TOTAL (¢/ha)	65355.7		58281.2	

TOTAL DURANTE LOS CINCO
PRIMEROS AÑOS 146208.0 118104.0

\$ 1407,00

COSTOS DE ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES DE *Tectona grandis*
BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE VEGETACION ANTERIOR.
GUANACASTE, COSTA RICA. 1990.

Precio/jornal (¢)= 448
(Precio establecido/Ley)
Cargas sociales = 44 %
Precio/jornal (con C.S.) (¢) 645.1
Precio/jornal ocasional (¢)

Densidad inicial (arb/ha)= 1111
1 Jornal (horas/día) = 8
Tipo de vegetación = pasto jaragua.

ACTIVIDAD	TIPO DE VEGETACION	
	M.O.	Insumos
Voltea de árboles en potrero.		4000
Preparación del terreno (incluye chapia y cerca)	6.7	
Plantación (incluye marcaje, rodajea, hoyado, distribución de plantas y plantación)	12.4	13332
Replante (12%)	0.6	1600
Fertilización (granulada o foliar)	2.5	1660
Protección = control de plagas y rondas cortafuego	2.8	200
Chapias y desmatona si es necesario	7.3	
Rodajas	5.2	
TOTAL M.O. (POR HA)	37.5	
TOTAL CAPITAL (¢/HA)	24191.3	20791.8
TOTAL AÑO 1 (¢/ha)	44983.1	

Continúa...

COSTOS DE MANTENIMIENTO DESDE EL SEGUNDO HASTA EL
 QUINTO AÑO EN PLANTACIONES DE Tectona grandis,
 GUANACASTE, COSTA RICA. 1990.

ACTIVIDAD	TIPO DE VEGETACION	
	M.O.	Insumos
AÑO 2		
Chapias	6.9	
Carriles	10.4	
Fertilización	1.2	985
Deshija	1.2	
Protección (control de plagas y rondas cortafuego)	2.5	200
AÑO 3		
Carriles	10.4	
Protección	2.5	200
AÑO 4		
Carriles	5.2	
Protección	2.5	200
AÑO 5		
Protección	2.5	200
TOTAL M.O. (POR HA)	45.3	
TOTAL CAPITAL (¢/HA)	29223.0	1785
TOTAL (¢/ha)	31008.0	
TOTAL DURANTE LOS CINCO PRIMEROS AÑOS	75991.1	

ANEXO 3.3

COSTO DE LAS OPERACIONES DE APROVECHAMIENTO EN PLANTACIONES
FORESTALES EN COSTA RICA

ACTIVIDAD	OPERACION	ESPECIE	EDAD (años)	DAP (cm)	RENDIMIENTO (m ³ /hora)	COSTO (¢/m ³)	FUENTE
Raleo	Corta y desrame con motosierra (1)	Melina	3.0	12.5	1.10	445.5	Pereira (1990)
Raleo	Corta y desrame con motosierra (1)	Saligna	5.2	14.0	0.80	612.5	Jiménez (1988)
Raleo	Corta y desrame con motosierra (1)	Melina	10.5	20.0	1.18	415.3	Quirós (1990)
	Extracción con bueyes (2)				1.78	219.1	
Raleo	Corta y desrame con motosierra (1)	Ciprés	9.0	17.2	3.21	152.6	Alfaro (1986)
	Extracción con bueyes (2)				1.14	342.1	
Corta final	Corta y desrame con motosierra (1)	Ciprés	60.0	46.1	6.31	77.7	Jiménez (1990)
	Extracción con trac- tor agrícola (3)				6.12	98.0	
Corta final	Corta y desrame con motosierra (1)	Laurel	29.0	41.3	4.74	103.4	Salazar (1989)
	Extracción con trac- tor agrícola (3)				3.46	173.4	

(1) Costo de motosierra + operario + ayudante = ¢ 490/hora.

(2) Alquiler Yunta de Bueyes + operario = ¢ 390/hora.

(3) Alquiler de Chapulín + operario + ayudante = ¢ 600/hora.

ANEXO 3.4

ASPECTOS RELEVANTES PARA EL CALCULO DE VOLUMENES
COMERCIALES DE MADERA EN ROLLO Y PRECIO
DE TALES PRODUCTOS

a) Relación volumen total- volumen comercial

El Cuadro A3.4 presenta información sobre el porcentaje de madera en rollo que, de acuerdo a un nivel de utilización dado (o diámetro mínimo de troza), podría destinarse a la industria del aserrío. Los estudios que aparecen en el cuadro para las diferentes especies presentan la información de aprovechamiento de plantaciones forestales a diferentes edades y se muestra el diámetro medio de la masa a la hora de realizar el mismo.

Del cuadro se obtiene la relación entre el volumen total de los árboles y el volumen maderable cuyo destino es el aserrío. Este último lo llamaremos volumen comercial y representa el volumen del árbol considerando solamente la sección de éste con un diámetro igual o superior al establecido por la industria como el mínimo aceptado.

Para efectos del presente trabajo, se consideró que las trozas destinadas a este uso serían aquellas con un diámetro mínimo en la punta más delgada de 10 cm y que habrá una industria capaz de procesar madera de estas dimensiones en forma eficiente y rentable. Debido a que no se cuenta con información de este tipo para cada una de las especies incorporadas en el estudio, se asumirá un promedio de la situación general presentada en estos trabajos.

Dado que las tablas de rendimiento presentan el diámetro medio de la masa al momento del raleo o de la corta final, partimos del supuesto de que a partir de un diámetro medio de masa de 12 cm ya se extrae volumen comercial de una plantación. Con base en lo anterior y en la información antes citada, se estableció lo siguiente:

Diámetro medio de la masa extraída	Relación volumen total- volumen comercial
12 - 20 cm	85%
21 - 29 cm	90%
> 30 cm	95%

La parte superior de los árboles cuyo diámetro es igual o inferior a 9 cm se podrá utilizar como leña. Sin embargo, el mercado actual de este producto es muy limitado debido a que esta madera es muy "tierna" y da un bajo rendimiento calorífico.

CUADRO A3.4

RELACION ENTRE EL VOLUMEN TOTAL DEL ARBOL Y EL VOLUMEN COMERCIAL
SEGUN ALGUNOS ESTUDIOS REALIZADOS EN COSTA RICA

ESPECIE	EDAD (años) (1)	DAP (cm)	RELACION Vc/Vt (%) (2)	DIAMETRO MINIMO (cm) (3)	FUENTE
<u>Eucalyptus saligna</u>	5.3	14.0	85.5	10	Jiménez (1988)
<u>Cupressus lusitanica</u>	9.0	17.2	90.5	10	Murillo et al (1986)
<u>Gmelina arborea</u>	10.5	20.0	80.0	10	Quirós (1990)
<u>Eucalyptus deglupta</u>	20.0	31.2	62.0 79.0	20 15	Alfaro et al (1989)
<u>Eucalyptus deglupta</u>	20.0	41.0	58.0	25	Ortega et al (1989a)
<u>Cordia alliodora</u>	29.0	41.3	81.0	15	Salazar (1989)
<u>Cupressus lusitanica</u>	40.0	43.0	80.0	20	Jiménez (1988)

(1) Edad de la plantación al momento del aprovechamiento.

(2) Relación $V_c/V_t = (\text{Volumen comercial en troza para aserrío}/\text{Volumen total del árbol}) \times 100$

(3) Diámetro superior del árbol establecido como límite comercial para aserrío.

Debido a lo anterior, solo se valorará la madera destinada a aserrío a fin de no sobre-estimar los ingresos reales a recibir por hectárea.

b) Relación pulgadas madereras ticas - metro cúbico

En Costa Rica, la madera en rollo es medida utilizando el procedimiento denominado "a mecate" (Dirección General Forestal 1988). Este sistema utiliza unidades denominadas "pulgadas madereras ticas" (pmt). Por definición una pmt es una pieza de madera de 1 pulgada * 1 pulgada * 4 varas de largo.

En forma ideal un metro cúbico (m³) de madera en tabla contiene 462 pmt. Sin embargo, al medir las trozas a mecate se obtiene una relación de aproximadamente 300 pmt/m³ (Rojas, 1990). Por la forma de medición, este último valor depende de la conicidad de las trozas: entre mayor sea la conicidad, el número de pmt/m³ será menor.

Obtener un número aproximado y confiable de pmt/m³ es de suma importancia para relacionar el precio por m³ de madera en rollo con el precio de la pmt de madera en rollo. Este último precio es el de mercado y el que está disponible para hacer los cálculos necesarios para este trabajo.

Para efectos del presente trabajo tal información se obtuvo de dos fuentes:

a) Trabajo de campo: se midió una muestra de 68 rollos de madera de diámetros entre 10 y 20 cm (en punta delgada) y longitudes entre 1.3 y 3.5 m. Las trozas se cubicaron por Smalian y "a mecate" y se obtuvo como resultado 273 pmt/m³.

b) Información de Jiménez (*) y Rojas (1990), para trozas provenientes de plantaciones maduras con árboles de diámetro medio igual o superior a 30 cm.

* Jiménez, Sergio. 1990. Relación entre dos unidades de medida de la madera en Costa Rica: pmt y m³. Heredia, Costa Rica. (Comunicación Personal).

De lo anterior se obtuvo que un m³ de madera en rollo equivale a:

Diámetro medio de la masa extraída	pmt/m ³
12 - 20 cm	273
21 - 29 cm	286
> 30 cm	300

El valor usado en la clase 21-29 cm es un promedio.

c) Precio por metro cúbico de madera en rollo proveniente de raleos

Existen claras diferencias entre las características de la madera madura y la madera que se extrae de plantaciones jóvenes en los primeros raleos. Lo anterior repercute en el precio que el mercado podría estar dispuesto a pagar por ese producto debido a que:

a) la calidad del producto es inferior; el mercado es muy selectivo y castiga esa menor calidad con un menor precio y

b) el costo del proceso de aserrío por unidad producida es mayor.

Debido a que no hay información específica sobre este punto para las especies de interés en este trabajo, se tomó para el cálculo del precio la experiencia generada en el Aserradero Forestales Paso Llano en cuanto a rendimiento industrial, disminución en precio del producto en el mercado, mayores costos del proceso de aserrío y, por ende, una utilidad por pmt menor a la que se obtiene de la madera madura. Tal experiencia es con ciprés (Cupressus lusitanica) (*)

De acuerdo a dicha información, Jiménez (*) estima que el precio más alto que se puede pagar en patio de aserradero por trozas de ciprés con diámetros entre 10 y 25 cm en punta delgada corresponde al 70% del precio pagado por la madera madura.

Entonces, para calcular el precio de la madera proveniente de raleos, debe reducirse al precio de la madera madura un 30% por los factores antes citados.

* Jiménez, Sergio. 1990. El precio de la madera en rollo en Costa Rica. Heredia, Costa Rica. (Comunicación Personal).

ANEXO 3.5

MODELO DE TRANSPORTE DE MADERA EN CAMION

Con la información suministrada por Víquez (1) Varela (2) y Salazar (3) sobre costos de transporte de madera en camión, se construyó un modelo que relaciona el costo de transporte por pmt (¢/pmt) con la distancia recorrida (km). El modelo se presenta a continuación:

$$CT = 2.1191 + 0.041632 * D$$

donde:

CT = costo de transporte en colones por pmt.
D = distancia recorrida en km.

El modelo es de carácter general ya que el costo de transporte depende del tipo de camión usado. Sin embargo, para los fines de este estudio, los transportistas entrevistados brindaron información que ellos consideran como un promedio.

La distancia mínima considerada rentable para el transporte en camión según los entrevistados es de 25 km y el modelo fue construido con información del costo de transporte en distancias desde 25 hasta 120 km.

-
- 1 Víquez, Sergio. 1990. Costo de transporte de la madera en rollo en Costa Rica. Heredia, Costa Rica. (Comunicación Personal).
 - 2 Varela, Rafael. 1990. Costo de transporte de la madera en rollo en Costa Rica. San Isidro del General, Costa Rica. (Comunicación Personal).
 - 3 Salazar, William. 1990. Costo de transporte de la madera en rollo en Costa Rica. Heredia, Costa Rica. (Comunicación Personal).

ANEXO 3.6

INGRESOS ESPERADOS POR HECTAREA Y POR INDICE DE SITIO EN
PLANTACIONES DE Gmelina arborea, Eucalyptus deglupta,
Bombacopsis quinatum, Cordia alliodora y Tectona grandis
EN COSTA RICA.

INGRESOS ESPERADOS POR HECTAREA EN PLANTACIONES DE
Gmelina arborea EN GUANACASTE (colones/hectárea)

INDICE DE SITIO = 16

AÑO	VOLUMEN (m3)		PRECIO EN PIE		INGRESO TOTAL (¢/ha)
	TOTAL	ASERRIO	(¢/pmt)	(¢/m3)	
6	31.8	27.0	1.6	436.8	11806.7
10	41.4	35.2	1.6	436.8	15371.0
12	115.3	103.8	2.2	629.2	65292.1
TOTAL	188.5	166.0			92469.8

INDICE DE SITIO = 20

AÑO	VOLUMEN (m3)		PRECIO EN PIE		INGRESO TOTAL (¢/ha)
	TOTAL	ASERRIO	(¢/pmt)	(¢/m3)	
4	35.2	29.9	1.6	436.8	13069.1
8	61.0	54.9	2.2	629.2	34543.1
12	204.8	184.3	2.2	629.2	115974.1
TOTAL	301.0	269.1			163586.3

INDICE DE SITIO = 24

AÑO	VOLUMEN (m3)		PRECIO EN PIE		INGRESO TOTAL (¢/ha)
	TOTAL	ASERRIO	(¢/pmt)	(¢/m3)	
4	82.6	70.2	1.6	436.8	30667.7
8	91.4	82.3	2.2	629.2	51758.0
12	255.8	243.0	6.3	1890.0	459288.9
TOTAL	429.8	395.5			541714.6

INGRESOS ESPERADOS POR HECTAREA EN PLANTACIONES DE
Gmelina arborea EN LOS CHILES (colones/hectárea)

INDICE DE SITIO = 16

AÑO	VOLUMEN (m3)		PRECIO EN PIE		INGRESO
	TOTAL	ASERRIO	(¢/pmt)	(¢/m3)	TOTAL (¢/ha)
6	31.8	27.0	2.6	709.8	19185.9
10	41.4	35.2	2.6	709.8	24977.9
12	115.3	103.8	3.2	915.2	94970.3
TOTAL	188.5	166.0			139134.1

INDICE DE SITIO = 20

AÑO	VOLUMEN (m3)		PRECIO EN PIE		INGRESO
	TOTAL	ASERRIO	(¢/pmt)	(¢/m3)	TOTAL (¢/ha)
4	35.2	29.9	2.6	709.8	21237.2
8	61.0	54.9	3.2	915.2	50244.5
12	204.8	184.3	3.2	915.2	168689.7
TOTAL	301.0	269.1			240171.4

INDICE DE SITIO = 24

AÑO	VOLUMEN (m3)		PRECIO EN PIE		INGRESO
	TOTAL	ASERRIO	(¢/pmt)	(¢/m3)	TOTAL (¢/ha)
4	82.6	70.2	2.6	709.8	49835.1
8	91.4	82.3	3.2	915.2	75284.4
12	255.8	243.0	7.3	2190.0	532191.9
TOTAL	429.8	395.5			657311.3

INGRESOS ESPERADOS POR HECTAREA EN PLANTACIONES DE
Gmelina arborea EN SARAPIQUI (colones/hectárea)

INDICE DE SITIO = 16

AÑO	VOLUMEN (m3)		PRECIO EN PIE		INGRESO TOTAL (¢/ha)
	TOTAL	ASERRIO	(¢/pat)	(¢/m3)	
6	31.8	27.0	3.6	982.8	26565.1
10	41.4	35.2	3.6	982.8	34584.7
12	115.3	103.8	4.2	1201.2	124648.5
TOTAL	188.5	166.0			185798.3

INDICE DE SITIO = 20

AÑO	VOLUMEN (m3)		PRECIO EN PIE		INGRESO TOTAL (¢/ha)
	TOTAL	ASERRIO	(¢/pat)	(¢/m3)	
4	35.2	29.9	3.6	982.8	29405.4
8	61.0	54.9	4.2	1201.2	65945.9
12	204.8	184.3	4.2	1201.2	221405.2
TOTAL	301.0	269.1			316756.4

INDICE DE SITIO = 24

AÑO	VOLUMEN (m3)		PRECIO EN PIE		INGRESO TOTAL (¢/ha)
	TOTAL	ASERRIO	(¢/pat)	(¢/m3)	
4	82.6	70.2	3.6	982.8	69002.4
8	91.4	82.3	4.2	1201.2	98810.7
12	255.8	243.0	8.3	2490.0	605094.9
TOTAL	429.8	395.5			772908.0

INGRESOS ESPERADOS POR HECTAREA EN PLANTACIONES
DE Eucalyptus deglupta (colones/hectárea)

INDICE DE SITIO = 20

AÑO	VOLUMEN (m3)		PRECIO EN PIE		INGRESO
	TOTAL	ASERRIO	(¢/pmt)	(¢/m3)	TOTAL (¢/ha)
12	42.0	35.7	3.3	900.9	32162.1
18	209.6	178.2	3.3	900.9	160504.3
TOTAL	251.6	213.9			192666.5

INDICE DE SITIO = 24

AÑO	VOLUMEN (m3)		PRECIO EN PIE		INGRESO
	TOTAL	ASERRIO	(¢/pmt)	(¢/m3)	TOTAL (¢/ha)
10	71.8	61.0	3.3	900.9	54981.9
14	74.8	67.3	3.9	1115.4	75088.7
18	225.3	202.8	3.9	1115.4	226169.7
TOTAL	371.9	331.1			356240.3

INDICE DE SITIO = 28

AÑO	VOLUMEN (m3)		PRECIO EN PIE		INGRESO
	TOTAL	ASERRIO	(¢/pmt)	(¢/m3)	TOTAL (¢/ha)
8	94.1	80.0	3.3	900.9	72058.5
12	157.5	141.8	3.9	1115.4	158108.0
18	336.1	319.3	8.3	2490.0	795044.6
TOTAL	587.7	541.0			1025211.0

INGRESOS ESPERADOS POR HECTAREA EN PLANTACIONES DE
Bombacopsis quinatum EN GUANACASTE (colones/hectárea)

INDICE DE SITIO = 10

AÑO	VOLUMEN (m ³)		PRECIO EN PIE		INGRESO
	TOTAL	ASERRIO	(¢/pmt)	(¢/m ³)	TOTAL (¢/ha)
10	17.5	14.9	14.2	3876.6	57664.4
16	44.9	38.2	14.2	3876.6	147950.4
22	81.5	73.4	14.8	4232.8	310475.9
30	220.6	209.6	24.3	7290.0	1527765.3
TOTAL	364.5	336.0			2043856.0

INDICE DE SITIO = 14

AÑO	VOLUMEN (m ³)		PRECIO EN PIE		INGRESO
	TOTAL	ASERRIO	(¢/pmt)	(¢/m ³)	TOTAL (¢/ha)
10	40.9	34.8	14.2	3876.6	134770.0
16	88.6	79.7	14.8	4232.8	337523.5
24	110.2	104.7	24.3	7290.0	763190.1
30	236.7	224.9	24.3	7290.0	1639265.9
TOTAL	476.4	444.1			2874749.4

INDICE DE SITIO = 18

AÑO	VOLUMEN (m ³)		PRECIO EN PIE		INGRESO
	TOTAL	ASERRIO	(¢/pmt)	(¢/m ³)	TOTAL (¢/ha)
8	40.3	34.3	14.2	3876.6	132792.9
14	73.0	65.7	14.8	4232.8	278095.0
20	59.4	53.5	14.8	4232.8	226285.5
26	105.5	100.2	24.3	7290.0	730640.3
30	292.3	277.7	24.3	7290.0	2024323.7
TOTAL	570.5	531.3			3392137.3

INGRESOS ESPERADOS POR HECTAREA EN PLANTACIONES DE
Cordia alliodora EN SARAPIQUI (colones/hectárea)

SITIO III

AÑO	VOLUMEN (m ³)		PRECIO EN PIE		INGRESO
	TOTAL	ASERRIO	(¢/pmt)	(¢/m ³)	TOTAL (¢/ha)
10	8.0	6.8	10.6	2893.8	19677.8
16	56.7	51.0	11.2	3203.2	163459.3
20	97.1	87.4	11.2	3203.2	279927.6
26	63.1	59.9	18.3	5490.0	329098.1
30	179.6	170.6	18.3	5490.0	936703.8
TOTAL	404.5	375.8			1728866.6

SITIO II

AÑO	VOLUMEN (m ³)		PRECIO EN PIE		INGRESO
	TOTAL	ASERRIO	(¢/pmt)	(¢/m ³)	TOTAL (¢/ha)
10	28.3	24.1	10.6	2893.8	69610.4
14	93.6	84.2	11.2	3203.2	269837.6
20	172.9	164.3	18.3	5490.0	901760.0
30	241.2	229.1	18.3	5490.0	1257978.6
TOTAL	536.0	501.7			2499186.5

SITIO I

AÑO	VOLUMEN (m ³)		PRECIO EN PIE		INGRESO
	TOTAL	ASERRIO	(¢/pmt)	(¢/m ³)	TOTAL (¢/ha)
8	51.1	43.4	10.6	2893.8	125692.2
12	122.8	110.5	11.2	3203.2	354017.7
16	105.9	100.6	18.3	5490.0	552321.5
22	125.1	118.8	18.3	5490.0	652459.1
30	273.7	260.0	18.3	5490.0	1427482.4
TOTAL	678.6	633.4			3111972.7

INGRESOS ESPERADOS POR HECTAREA EN PLANTACIONES DE
Tectona grandis EN LOS CHILES (colones/hectárea)

INDICE DE SITIO = 15

AÑO	VOLUMEN (m3)		PRECIO EN PIE		INGRESO
	TOTAL	ASERRIO	(¢/pmt)	(¢/m3)	TOTAL (¢/ha)
14	47.5	40.4	18.7	5105.1	206118.4
24	58.9	53.0	19.3	5519.8	292604.6
32	56.0	50.4	19.3	5519.8	278197.9
40	170.9	153.8	19.3	5519.8	849000.4
TOTAL	333.3	297.6			1625921.4

INDICE DE SITIO = 18

AÑO	VOLUMEN (m3)		PRECIO EN PIE		INGRESO
	TOTAL	ASERRIO	(¢/pmt)	(¢/m3)	TOTAL (¢/ha)
10	34.2	29.1	18.7	5105.1	148405.3
18	87.1	78.4	19.3	5519.8	432697.1
24	80.9	72.8	19.3	5519.8	401896.6
30	111.1	100.0	19.3	5519.8	551924.8
40	220.6	209.6	30.3	9090.0	1904991.3
TOTAL	533.9	489.8			3439915.1

INDICE DE SITIO = 21

AÑO	VOLUMEN (m3)		PRECIO EN PIE		INGRESO
	TOTAL	ASERRIO	(¢/pmt)	(¢/m3)	TOTAL (¢/ha)
8	72.9	62.0	18.7	5105.1	316337.5
12	74.9	67.4	19.3	5519.8	372089.7
18	128.3	115.5	19.3	5519.8	637371.3
32	68.8	65.4	30.3	9090.0	594122.4
40	268.1	254.7	30.3	9090.0	2315177.6
TOTAL	613.0	564.9			4235098.5

ANEXO 4.1

MATRIZ DE PROGRAMACION LINEAL

MATRIZ DE PROGRAMACION LINEAL PARA EL CASO DE OPTIMIZACION DE LA RENTABILIDAD (VAN en c/ha) DE LA INVERSION EN LAS PLANTA

NUMERO DE FILA	NUMERO DE COLUMNA	1	2	3	4	5	6	7	8
FUNCION OBJETIVO	AREA	MGC2 4430	MGC3 -34256	MGR2 15433	MGR3 -21253	PCC2 397792	PCC3 219186	PGR2 401595	PGR3 222989
1	AREA SITIO 2 MELINA (OTE)	1		1					
2	AREA SITIO 3 MELINA (OTE)		1		1				
3	AREA SITIO 2 POCHOTE (OTE)					1			
4	AREA SITIO 3 POCHOTE (OTE)						1		
5	AREA SITIO 1 MELINA (CHILES)								
6	AREA SITIO 1 DEGLUPTA (CHILES)								
7	AREA SITIO 2 DEGLUPTA (CHILES)								
8	AREA SITIO 3 DEGLUPTA (CHILES)								
9	AREA SITIO 1 TECA (CHILES)								
10	AREA SITIO 2 TECA (CHILES)								
11	AREA SITIO 1 MELINA (SARAPI)								
12	AREA SITIO 2 MELINA (SARAPI)								
13	AREA SITIO 2 LAUREL (SARAPI)								
14	AREA SITIO 3 LAUREL (SARAPI)								
15	AREA ANUAL A REFORESTAR	1	1	1	1	1	1	1	1
16	MANO DE OBRA SEM. 1 GTE	41.7	41.7	29	29	40.7	40.7	39.2	39.2
17	MANO DE OBRA SEM. 2 GTE	13.9	13.9	9.6	9.6	14.2	14.2	13.1	13.1
18	MANO DE OBRA SEM. 1 CHILES								
19	MANO DE OBRA SEM. 2 CHILES								
20	MANO DE OBRA SEM. 1 SARAPIO								
21	MANO DE OBRA SEM. 2 SARAPIO								
22	DISP. MO EN LA ZONA SEM. 1 GTE								
23	DISP. MO EN LA ZONA SEM. 2 GTE								
24	DISP. MO EN LA ZONA SEM. 1 CHILES								
25	DISP. MO EN LA ZONA SEM. 2 CHILES								
26	DISP. MO EN LA ZONA SEM. 1 SARAPIO								
27	DISP. MO EN LA ZONA SEM. 2 SARAPIO								
28	DISP. MO OTRAS ZONAS SEM. 1								
29	DISP. MO OTRAS ZONAS SEM. 2								
30	CAPITAL TOTAL NECESARIO AÑO 1	54706.1	54706.1	43709	43709	52749	52749	48315	48315
31	DISPONIBILIDAD DE CHF AÑO 1								
32	DISPONIBILIDAD DE CREDITO								
33	AREA ANUAL MINIMA DE ESPECIES TURNOS 1 20 AÑOS	1	1	1	1	1	1	1	1
34	AREA ANUAL MAXIMA DE ESPECIES TURNOS 20-40 AÑOS								

NOTA: La nomenclatura usada para las variables o las restricciones incluidas en la Matriz se encuentran a contin

	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
NUMERO DE FILA	MCC1 227897	MCR1 233324	DCR1 232217	DCR2 27575	DCR3 -32344	DCR4 224896	DCRS 20053	DCRB -39865	TCR1 613450	TCR2 340835	MSC1 288363	MSC2 159522
1												
2												
3												
4												
5	1											
6			1									
7				1								
8					1							
9								1				
10									1			
11												
12												
13												
14												
15	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16												
17												
18	40.7	35.9	39.9	39.9	39.9	50.9	50.9	50.9	28.1	28.1		
19	13.6	12.0	15.3	13.3	13.3	16.9	16.9	16.9	9.4	9.4		
20											40.7	40.7
21											13.6	13.6
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30	50025	44038	50533	50533	50533	64822	64822	64822	44983	44983	50025	50025
31												
32												
33	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
34									1	1		

Nomenclatura usada para las variables incluidas en la matriz de programación lineal.

Nomenclatura	Descripción
MGC2	Indica el VAN de una hectárea de melina en Guanacaste de acuerdo a la calidad del terreno y al uso anterior: tacotal bajo - charral.
MGC3	
MGR2	
MGR3	
PGC2	
PGR2	La primera letra indica la especie:
PGC3	M = Melina P = Pochote D = Deglupta L = Laurel T = Teca.
PGR3	
MCC1	La segunda letra indica la zona:
MCR1	G = Guanacaste C = Los Chiles S = Sarapiquí
DCR1	
DCR2	La tercer letra indica el tipo de vegetación anterior:
DCR3	C = Charral-Tacotal bajo R = Repasto
DCR4	
DCR5	El número indica la clase de calidad del terreno:
DCR6	1 = Clase I 2 = Clase II 3 = Clase III
TCR1	En el caso del deglupta los números 4, 5 y 6 corresponden a estas mismas calidades
TCR2	respectivamente pero para una densidad de plantación de 1600 árboles por hectárea.
MSC1	La densidad de plantación en todos los otros casos es 1111 árboles por hectárea.
MSC2	
MSR1	
MSR2	
LSR2	
LSR3	
MSS1	Oferta y demanda de mano de obra por hectárea para el año 1 en cada una de las zonas y
MSS2	por semestre. La primera letra indica que es Mano de obra (M), la segunda la zona a
MCS1	la que se refiere (G, C y S), la tercera en conjunto con el número respectivo indica
MCS2	S1 = semestre 1 S2 = semestre 2.
MSS1	
MSS2	
MGZ1	Oferta de mano de obra de otras zonas para cubrir la demanda por semestre del año 1
MGZ2	que no se satisface con la mano de obra local.
MCZ1	La simbología es igual a la anterior, excepto en la tercer letra (Z) que indica que es
MCZ2	mano de obra procedente de otras zonas.
MSZ1	
MSZ2	
CAF1	Monto del CAF para el primer año de la plantación (Oferta de capital).
CRE1	Monto de crédito necesario para compensar los requerimientos de capital de la empresa para establecer el año 1 la plantación. Tasa de interés = 28%.

ANEXO 4.2

CUADROS GENERADOS POR EL PROGRAMA QSB PARA LAS
SOLUCIONES OPTIMAS

- A. SOLUCION I: USANDO EL VAN EN LA FUNCION OBJETIVO
- B. SOLUCION II: USANDO EL VET EN LA FUNCION OBJETIVO

Summarized Results for LOS NACIENTES - VAN						Page : 1
Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	
1 MGC2	0	+14083.841	16 DCR6	0	+370859.81	
2 MGC3	0	+50769.840	17 TCR1	+240.00000	0	
3 MGR2	+197.26253	0	18 TCR2	0	+272615.03	
4 MGR3	0	+36686.000	19 MSC1	0	+37342.223	
5 PGC2	0	+46881.457	20 MSC2	0	+194097.22	
6 PGC3	0	+225487.47	21 MSR1	+248.00000	0	
7 PGR2	0	+41836.934	22 MSR2	0	+156755.00	
8 PGR3	0	+220442.94	23 LSR2	0	+366783.34	
9 MCC1	0	+37470.223	24 LSR3	0	+569965.38	
10 MCR1	+514.73749	0	25 MGS1	+5720.6133	0	
11 DCR1	0	+27862.941	26 MGS2	+1893.7203	0	
12 DCR2	0	+232504.94	27 MCS1	+3300.0000	0	
13 DCR3	0	+292423.94	28 MCS2	+3300.0000	0	
14 DCR4	0	+106298.81	29 MSS1	+3750.0000	0	
15 DCR5	0	+310741.81	30 MSS2	+2976.0000	0	

Maximum value of the OBJ = 3.368458E+08 (multiple sols.) Iters. = 21

Summarized Results for LOS NACIENTES - VAN						Page : 2
Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	
31 MGZ1	0	+6056.9053	46 S8	+1727.0000	0	
32 MGZ2	0	+80.000000	47 S9	+1911.0000	0	
33 MCZ1	+21871.602	0	48 S10	+1727.0000	0	
34 MCZ2	+5132.8496	0	49 S11	0	+61986.004	
35 MSZ1	+5128.3999	0	50 S12	+549.00000	0	
36 MSZ2	0	+80.000000	51 S13	+248.00000	0	
37 CAF1	+38880000	0	52 S14	+549.00000	0	
38 CRED	+14126320	0	53 S15	0	+3196.1606	
39 S1	+1125.7374	0	54 S16	0	0	
40 S2	+840.00000	0	55 S17	0	0	
41 S3	+1209.0000	0	56 S18	0	+6056.9053	
42 S4	+954.00000	0	57 S19	0	+80.000000	
43 S5	+3363.2625	0	58 S20	0	+6056.9053	
44 S6	+1168.0000	0	59 S21	0	0	
45 S7	+983.00000	0	60 S22	+1979.3866	0	

Maximum value of the OBJ = 3.368458E+08 (multiple sols.) Iters. = 21

Summarized Results for LOS NACIENTES - VAN						Page : 3
Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	
61 S23	+5806.2793	0	68 S30	0	+.28000000	
62 S24	0	+6056.9053	69 S31	0	+.28000000	
63 S25	0	+80.000000	70 S32	+6873681.0	0	
64 S26	0	+6056.9053	71 S33	+360.000000	0	
65 S27	+773.99994	0	72 A33	0	0	
66 S28	0	+5976.9053	73 S34	0	+426707.56	
67 S29	+7867.1509	0				

Maximum value of the OBJ = 3.368458E+08 (multiple sols.) Iters. = 21

Sensitivity Analysis for OBJ Coefficients								Page : 1
C(j)	Min. C(j)	Original	Max. C(j)	C(j)	Min. C(j)	Original	Max. C(j)	
C(1)	- Infinity	+4430.0000	+18513.842	C(19)	- Infinity	+288363.00	+325705.22	
C(2)	- Infinity	-32256.000	+18513.842	C(20)	- Infinity	+69622.000	+263719.22	
C(3)	+12236.840	+15433.001	+229406.20	C(21)	+257007.78	+294350.00	+ Infinity	
C(4)	- Infinity	-21253.000	+15433.001	C(22)	- Infinity	+75609.000	+232364.00	
C(5)	- Infinity	+397792.00	+444673.47	C(23)	- Infinity	+363334.00	+730117.38	
C(6)	- Infinity	+219185.98	+444673.44	C(24)	- Infinity	+160152.00	+730117.38	
C(7)	- Infinity	+401595.00	+443431.94	C(25)	-110.21243	0	0	
C(8)	- Infinity	+222989.00	+443431.94	C(26)	-80.000000	0	0	
C(9)	- Infinity	+227337.00	+264807.22	C(27)	-6056.9053	0	+ Infinity	
C(10)	+208324.17	+233324.00	+286625.16	C(28)	-80.000000	0	+ Infinity	
C(11)	- Infinity	+232217.00	+260079.94	C(29)	-6056.9053	0	+ Infinity	
C(12)	- Infinity	+27575.000	+260079.94	C(30)	-80.000000	0	0	
C(13)	- Infinity	-32344.000	+260079.94	C(31)	- Infinity	-80.000000	+5976.9053	
C(14)	- Infinity	+224696.00	+330994.81	C(32)	- Infinity	-80.000000	0	
C(15)	- Infinity	+20253.000	+330994.81	C(33)	-4458.6313	-80.000000	+1651.4526	
C(16)	- Infinity	-39865.000	+330994.81	C(34)	-13142.917	-80.000000	0	
C(17)	+571613.06	+613450.00	+ Infinity	C(35)	-1811.4526	-80.000000	+4298.6313	
C(18)	- Infinity	+340835.00	+613450.00	C(36)	- Infinity	-80.000000	0	

Sensitivity Analysis for OBJ Coefficients				Page : 2			
C(j)	Min. C(j)	Original	Max. C(j)	C(j)	Min. C(j)	Original	Max. C(j)
C(37)	-.28000000	0	+ Infinity	C(38)	-.35313368	-.28000000	0

Sensitivity Analysis for RHS				Page : 1			
B(i)	Min. B(i)	Original	Max. B(i)	B(i)	Min. B(i)	Original	Max. B(i)
B(1)	+197.26257	+1323.0000	+ Infinity	B(18)	-2443.5186	0	+7061.9980
B(2)	0	+840.0000	+ Infinity	B(19)	-7867.1509	0	+5132.8496
B(3)	0	+1209.0000	+ Infinity	B(20)	-2443.5186	0	+5128.3999
B(4)	0	+954.0000	+ Infinity	B(21)	-773.99994	0	+2976.0000
B(5)	+514.73755	+3878.0000	+ Infinity	B(22)	+5720.6133	+7700.0000	+ Infinity
B(6)	0	+1168.0000	+ Infinity	B(23)	+1893.7207	+7700.0000	+ Infinity
B(7)	0	+983.0000	+ Infinity	B(24)	+856.48145	+3300.0000	+10361.998
B(8)	0	+1727.0000	+ Infinity	B(25)	0	+3300.0000	+8432.8496
B(9)	+240.00000	+2151.0000	+ Infinity	B(26)	+1306.4815	+3750.0000	+8878.4004
B(10)	0	+1727.0000	+ Infinity	B(27)	+2976.0000	+3750.0000	+ Infinity
B(11)	+104.74861	+248.0000	+312.5000	B(28)	+24556.481	+27000.000	+34062.000
B(12)	0	+549.0000	+ Infinity	B(29)	+5132.8491	+13000.000	+ Infinity
B(13)	0	+248.0000	+ Infinity	B(30)	-6873681.0	0	+14126320
B(14)	0	+549.0000	+ Infinity	B(31)	+32006320	+38880000	+53006320
B(15)	+1002.7375	+1200.0000	+1268.2548	B(32)	+14126319	+21000000	+ Infinity
B(16)	-1979.3866	0	+5720.6133	B(33)	- Infinity	+600.00000	+960.00000
B(17)	-5806.2793	0	+1893.7203	B(34)	0	+240.00000	+600.00000

Summarized Results for LOS NACIENTES - VET						Page : 3
Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	
61 S23	+5126.7856	0	68 S30	0	+ .28000000	
62 S24	0	+11040.457	69 S31	0	+ .28000000	
63 S25	0	+80.000000	70 S32	+8050367.0	0	
64 S26	0	+11040.457	71 S33	+316.91745	0	
65 S27	+773.99994	0	72 A33	0	0	
66 S28	0	+10960.457	73 S34	0	+321957.94	
67 S29	+7863.4199	0				

Maximum value of the OBJ = 5.113956E+08 (multiple sols.) ITERS. = 21

Sensitivity Analysis for OBJ Coefficients								Page : 1
C(j)	Min. C(j)	Original	Max. C(j)	C(j)	Min. C(j)	Original	Max. C(j)	
C(1)	- Infinity	+7756.0000	+137006.03	C(19)	- Infinity	+504911.00	+571166.62	
C(2)	- Infinity	-56480.000	+137006.03	C(20)	- Infinity	+121906.00	+463353.62	
C(3)	- Infinity	+27022.000	+96864.234	C(21)	+449136.38	+515392.00	+ Infinity	
C(4)	- Infinity	-37214.000	+96864.234	C(22)	- Infinity	+132388.00	+407579.00	
C(5)	- Infinity	+445619.00	+453746.88	C(23)	- Infinity	+407018.00	+855401.75	
C(6)	- Infinity	+245540.00	+455497.81	C(24)	- Infinity	+179408.00	+855401.75	
C(7)	+441933.53	+449879.00	+768272.00	C(25)	-2918.1860	0	+ Infinity	
C(8)	- Infinity	+249799.00	+449879.00	C(26)	-80.000000	0	0	
C(9)	- Infinity	+398056.00	+464441.62	C(27)	-11040.457	0	+ Infinity	
C(10)	+350145.75	+408539.00	+516352.00	C(28)	-80.000000	0	+ Infinity	
C(11)	- Infinity	+318223.00	+455727.50	C(29)	-11040.457	0	+ Infinity	
C(12)	- Infinity	+37787.000	+455727.53	C(30)	-80.000000	0	0	
C(13)	- Infinity	-44323.000	+455727.50	C(31)	- Infinity	-80.000000	+8042.2715	
C(14)	- Infinity	+307916.00	+581461.44	C(32)	- Infinity	-80.000000	+6.235E-13	
C(15)	- Infinity	+27480.000	+581461.44	C(33)	-7766.8994	-80.000000	+2931.5366	
C(16)	- Infinity	-54630.000	+581461.44	C(34)	-23012.582	-80.000000	0	
C(17)	+358665.00	+645542.00	+739949.44	C(35)	-3091.5366	-80.000000	+7606.8994	
C(18)	- Infinity	+358665.00	+645542.00	C(36)	- Infinity	-80.000000	0	

Summarized Results for LOS NACIENTES - VET						Page : 1
Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	
1 MGC2	0	+129250.04	16 DCR6	0	+636091.44	
2 MGC3	0	+193486.03	17 TCR1	+43.571430	0	
3 MGR2	0	+69842.234	18 TCR2	0	+286877.00	
4 MGR3	0	+134078.23	19 MSC1	0	+66255.633	
5 PGC2	0	+8127.8901	20 MSC2	0	+341447.62	
6 PGC3	0	+209957.83	21 MSR1	+248.00000	0	
7 PGR2	+196.42857	0	22 MSR2	0	+275191.00	
8 PGR3	0	+200080.02	23 LSR2	0	+448383.78	
9 MCC1	0	+66385.641	24 LSR3	0	+675993.75	
10 MCR1	+668.91742	0	25 MGS1	+7700.0000	0	
11 DCR1	0	+137504.52	26 MGS2	+2573.2141	0	
12 DCR2	0	+417940.53	27 MCS1	+3300.0000	0	
13 DCR3	0	+500050.50	28 MCS2	+3300.0000	0	
14 DCR4	0	+273545.47	29 MSS1	+3750.0000	0	
15 DCR5	0	+553981.44	30 MSS2	+2976.0000	0	

Maximum value of the OBJ = 5.113956E+08 (multiple sols.) ITERS. = 21

Summarized Results for LOS NACIENTES - VET						Page : 2
Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	
31 MQZ1	0	+8122.2715	46 S8	+1727.0000	0	
32 MGZ2	0	+80.000000	47 S9	+2107.4285	0	
33 MCZ1	+21871.602	0	48 S10	+1727.0000	0	
34 MCZ2	+5136.5806	0	49 S11	0	+107813.01	
35 MSZ1	+5128.3999	0	50 S12	+549.00000	0	
36 MSZ2	0	+80.000000	51 S13	+248.00000	0	
37 CAF1	+38880000	0	52 S14	+549.00000	0	
38 CRED	+12949634	0	53 S15	+43.082558	0	
39 S1	+1323.0000	0	54 S16	0	+2918.1860	
40 S2	+840.00000	0	55 S17	0	0	
41 S3	+1012.5714	0	56 S18	0	+11040.457	
42 S4	+954.00000	0	57 S19	0	+80.000000	
43 S5	+3209.0825	0	58 S20	0	+11040.457	
44 S6	+1168.0000	0	59 S21	0	0	
45 S7	+983.00000	0	60 S22	0	+2918.1860	

Maximum value of the OBJ = 5.113956E+08 (multiple sols.) ITERS. = 21

Sensitivity Analysis for OBJ Coefficients				Page : 2			
C(j)	Min. C(j)	Original	Max. C(j)	C(j)	Min. C(j)	Original	Max. C(j)
C(37)	-.28000000	0	+ Infinity	C(38)	-3.2984300	-.28000000	0

Sensitivity Analysis for RHS				Page : 1			
B(i)	Min. B(i)	Original	Max. B(i)	B(i)	Min. B(i)	Original	Max. B(i)
B(1)	0	+1323.0000	+ Infinity	B(18)	-10527.201	0	+1542.3556
B(2)	0	+840.00000	+ Infinity	B(19)	-7863.4199	0	+5136.5806
B(3)	+196.42859	+1209.0000	+ Infinity	B(20)	-10527.201	0	+1542.3556
B(4)	0	+954.00000	+ Infinity	B(21)	-773.99994	0	+2976.0000
B(5)	+668.91748	+3878.0000	+ Infinity	B(22)	+.00048828	+7700.0000	+9408.0000
B(6)	0	+1168.0000	+ Infinity	B(23)	+2573.2144	+7700.0000	+ Infinity
B(7)	0	+983.00000	+ Infinity	B(24)	0	+3300.0000	+4842.3555
B(8)	0	+1727.0000	+ Infinity	B(25)	0	+3300.0000	+8436.5801
B(9)	+43.571533	+2151.0000	+ Infinity	B(26)	0	+3750.0000	+5292.3555
B(10)	0	+1727.0000	+ Infinity	B(27)	+2976.0000	+3750.0000	+ Infinity
B(11)	+104.74861	+248.00000	+312.50000	B(28)	+16472.799	+27000.000	+28542.356
B(12)	0	+549.00000	+ Infinity	B(29)	+5136.5801	+13000.000	+ Infinity
B(13)	0	+248.00000	+ Infinity	B(30)	-8050367.0	0	+12949634
B(14)	0	+549.00000	+ Infinity	B(31)	+30829632	+38880000	+51829632
B(15)	+1156.9175	+1200.0000	+ Infinity	B(32)	+12949633	+21000000	+ Infinity
B(16)	-7699.9995	0	+1708.0000	B(33)	- Infinity	+600.00000	+916.91748
B(17)	-5126.7856	0	+2573.2141	B(34)	+196.42857	+240.00000	+440.30591