

**Estudio Técnico y Económico para el
establecimiento de una plantación de teca
(*Tectona grandis*, L.f.) en El Empalme,
Guayas, Ecuador**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado
Académico de Licenciatura.

Presentado por

Luis Alberto Vásquez Miranda

Zamorano, Honduras

Abril, 2002

El autor concede a Zamorano permiso
para reproducir y distribuir copias de este
trabajo para fines educativos. Para otras personas
físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.

Luis Vásquez Miranda

Zamorano, Honduras
Abril, 2002

**Estudio técnico y económico para el establecimiento de una
plantación de teca (*Tectona grandis* L.f.) en el Empalme, Guayas,
Ecuador**

Presentado por:

Luis Vásquez Miranda

Aprobada:

George Pilz , Ph. D.
Asesor principal

Peter Doyle, M.Sc.
Coordinador de la Carrera de
Desarrollo Socioeconómico y
Ambiente

Javier Tamashiro, MBA.
Asesor

Antonio Flores, Ph. D.
Decano Académico

Carlos Orellana, Ing. For.
Asesor

Keith Andrews, Ph. D.
Director General

George Pilz, Ph. D.
Coordinador PIA

DEDICATORIA

A Dios, por haber sido mi guía en los momentos en que más lo necesité.

A mi padre, por todo su esfuerzo, apoyo, y confianza.

A mi madre, por su preocupación, aliento y cariño.

A mi mami por ser la persona que más quiero.

A mis hermanas: Elena, Yudi, Diana y Sofía, por su todo su apoyo.

Al Dr. Wilson Usiña por su apoyo incondicional a mi carrera y por demostrarme que nada está perdido hasta enfrentarlo.

A Dulce María por ser la luz que iluminó mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A todas las personas que hicieron posible la realización de este trabajo.

Al Doctor George Pilz por sus enseñanzas, apoyo y paciencia en la ejecución de este trabajo.

Al Ingeniero Javier Tamashiro por todo su apoyo y disponibilidad a la ayuda.

Al Ingeniero Carlos Orellana por su ayuda y dirección en la parte técnica.

Al Ingeniero Rodolfo Arámbulo e hijo por su ayuda y por toda la información proporcionada.

A la familia Hernández por su hospitalidad y amistad.

A mis colegas y amigos: Luis Danilo, Daniel Fernando, Luis Fernando, Mario Ernesto, Carlos Humberto, Franklin Fernando, Juan Carlos, Audelio, Rodrigo, Luis Alexander, Ramiro Darío, Carlos Lenin, Jenny, Carolina, Cristina, por toda la ayuda brindada y por los buenos momentos que compartimos.

AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES

A Decanatura Académica, en especial al Dr. Antonio Flores por la ayuda financiera proporcionada para culminar mis estudios en el Programa de Ingeniería Agronómica.

RESUMEN

Vásconez Miranda, Luis Alberto. 2002. Estudio técnico y económico para el establecimiento de una plantación de teca (*Tectona grandis* L.f.) en El Empalme, Guayas, Ecuador. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras. 34p.

Al reducirse la teca de bosques naturales, las plantaciones aparecen como la fuente potencial para disminuir el desnivel entre la oferta y la demanda mundial. El objetivo fue evaluar técnica y económicamente el establecimiento de una plantación de teca (50 ha) en la zona de El Empalme, Guayas, Ecuador. Se recopilieron datos climáticos y edáficos de la zona y se compararon con los requeridos por la especie. Se elaboró un plan de manejo para todas las etapas de la plantación a partir de información literaria y experiencias de empresarios y técnicos forestales. A partir del plan de manejo se determinó la inversión y los costos por hectárea plantada. Se utilizó una regresión logarítmica para estimar los rendimientos e ingresos. Con los costos e ingresos se elaboró el flujo de caja para obtener las medidas financieras del proyecto: VAN, TIR, Relación Beneficio/Costo y Período de Recuperación. Para analizar la sensibilidad del proyecto se utilizó una matriz de riesgo y se elaboraron tres escenarios económicos. La zona de El Empalme presenta buenos contenidos nutricionales y excelentes características climáticas para un crecimiento óptimo de la plantación. El costo total para el vivero fue de \$ 11,556 y \$0.20 por plántula producida. Los costos de establecimiento sumaron \$1,113/ha y \$2,363/ha si se incluye el costo de la tierra. El flujo anual neto consolidado presentó valores negativos para todos los períodos excepto en los años 5, 12, 19 (raleos) y 25 (cosecha final). La TIR obtenida fue de 25.92% y el VAN a una tasa de descuento de 4.86% fue de \$ 2,211,154. Se determinó una relación B/C de 4.82 y un período de recuperación de 12 años. El VAN mostró ser poco sensible a reducciones en ingresos o aumentos en costos. Aún con escenarios pesimistas se obtienen valores positivos de VAN y una TIR de 20.55%.

Palabras claves: Costos, factibilidad, forestal, rentabilidad.

Nota de prensa

LA TECA, UNA ALTERNATIVA PARA EL DESARROLLO DE ECUADOR

Un estudio realizado en la zona de El Empalme, Guayas dirigido por la Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano, evaluó los beneficios económicos para el establecimiento de 50 hectáreas de teca. Se demostró que es una actividad con altos beneficios económicos (\$2,211,772 durante todo el proyecto). Su establecimiento es una gran oportunidad, no solo por los beneficios económicos, sino también porque la zona de El Empalme cuenta con las características climáticas y de suelo que esta especie necesita para su óptimo crecimiento.

Primero se analizó las características de la zona que sirvieron para establecer un plan de manejo para la plantación, posteriormente se calcularon los costos con los precios de los insumos (materiales, mano de obra y equipo) vigentes en el país; finalmente se determinó el beneficio económico del proyecto.

El estudio realizado en el período de septiembre del 2001 hasta abril del 2002, provee de información técnica y económica a los inversionistas interesados en incursionar en este nuevo rubro. La zona de El Empalme cuenta con aproximadamente 100 mil hectáreas disponibles para la ejecución de este tipo de proyectos.

CONTENIDO

| | | |
|-----------|--|----------|
| | Portadilla..... | i |
| | Autoría..... | ii |
| | Página de firmas..... | iii |
| | Dedicatoria..... | iv |
| | Agradecimientos..... | v |
| | Agradecimientos a patrocinadores..... | vi |
| | Resumen..... | vii |
| | Nota de prensa..... | viii |
| | Contenido..... | ix |
| | Índice de cuadros..... | xiii |
| | Índice de Anexos..... | xiv |
| 1 | INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1 | OBJETIVOS..... | 2 |
| 1.1.1 | Objetivo general..... | 2 |
| 1.1.2 | Objetivos específicos..... | 2 |
| 2. | REVISIÓN DE LITERATURA..... | 3 |
| 2.1 | CARACTERIZACIÓN DE <i>Tectona grandis</i> L.f..... | 3 |
| 2.1.1 | Origen e historia..... | 3 |
| 2.1.2 | Taxonomía..... | 3 |
| 2.1.3 | Descripción Botánica..... | 4 |
| 2.1.4 | Propiedades físicas..... | 4 |
| 2.1.5 | Propiedades mecánicas..... | 5 |
| 2.1.6 | Trabajabilidad y usos..... | 5 |
| 2.2 | TECA COMO ESPECIE DE PLANTACIÓN..... | 5 |
| 2.2.1 | Temperatura, pluviosidad y período seco..... | 6 |
| 2.2.2 | Requerimientos climáticos para Ecuador..... | 6 |
| 2.2.3 | Selección de terrenos..... | 7 |
| 2.2.4 | Procedencias con las que se trabaja..... | 7 |
| 2.2.5 | Manejo del vivero..... | 8 |
| 2.2.5.1 | Siembra en semillero..... | 8 |
| 2.2.5.2 | Transplante en bolsas..... | 9 |
| 2.2.5.3 | Propagación vegetativa..... | 9 |
| 2.2.5.4 | Micorrización..... | 10 |
| 2.2.5.5 | Control de Enfermedades y Plagas..... | 10 |
| 2.2.5.6 | Control de malezas..... | 10 |
| 2.2.5.7 | Fertilización..... | 10 |
| 2.2.5.8 | Riego..... | 10 |
| 2.2.6 | Establecimiento de la plantación..... | 10 |
| 2.2.6.1 | Preparación del suelo..... | 10 |
| 2.2.6.2 | Siembra o transplante..... | 11 |
| 2.2.6.3 | Control de plagas y enfermedades..... | 11 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 2.2.6.4 | Fertilización..... | 12 |
| 2.2.6.5 | Deshija y Podas..... | 12 |
| 2.2.6.6 | Raleos..... | 12 |
| 2.2.7 | Calidad de la teca de plantación..... | 13 |
| 2.2.7.1 | Normas técnicas para madera de exportación..... | 13 |
| 3 | MATERIALES Y MÉTODOS..... | 14 |
| 3.1 | METODOLOGÍA DE LEVANTAMIENTO..... | 14 |
| 3.1.1 | Estudio técnico..... | 14 |
| 3.1.2 | Estudio económico..... | 15 |
| 3.2 | CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DEL PROYECTO..... | 15 |
| 4 | RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 17 |
| 4.1 | ESTUDIO TÉCNICO..... | 17 |
| 4.1.1 | Selección de sitio de plantación..... | 17 |
| 4.1.2 | Selección de procedencias..... | 18 |
| 4.1.3 | Manejo del vivero..... | 18 |
| 4.1.3.1 | Producción de plántulas..... | 18 |
| 4.1.3.2 | Traspaso a bolsas..... | 18 |
| 4.1.3.3 | Riego..... | 20 |
| 4.1.3.4 | Fertilización..... | 20 |
| 4.1.3.5 | Control de enfermedades y plagas..... | 20 |
| 4.1.3.6 | Control de malezas..... | 20 |
| 4.1.4 | Establecimiento de la plantación..... | 20 |
| 4.1.4.1 | Preparación del suelo..... | 20 |
| 4.1.4.2 | Transporte..... | 22 |
| 4.1.4.3 | Transplante..... | 22 |
| 4.1.4.4 | Control de malezas..... | 22 |
| 4.1.4.5 | Control de plagas y enfermedades..... | 22 |
| 4.1.4.6 | Fertilización..... | 23 |
| 4.1.4.7 | Podas..... | 23 |
| 4.1.4.8 | Raleos..... | 23 |
| 4.2 | ESTUDIO ECONÓMICO FINANCIERO..... | 25 |
| 4.2.1 | Determinación de costos..... | 25 |
| 4.2.1.1 | Costos para la Etapa de Vivero..... | 25 |
| 4.2.1.2 | Costos de establecimiento..... | 26 |
| 4.2.2 | Preparación del flujo de caja..... | 26 |
| 4.2.3 | Análisis financiero..... | 29 |
| 4.2.4 | Análisis de Sensibilidad..... | 29 |
| 4.2.4.1 | Matriz Multidimensional de Riesgo..... | 29 |
| 4.2.4.2 | Análisis de Escenarios..... | 29 |
| | CONCLUSIONES..... | 31 |
| | RECOMENDACIONES..... | 32 |
| | BIBLIOGRAFÍA..... | 33 |
| | ANEXOS..... | 35 |

INDICE DE CUADROS

| Cuadro | | Pág. |
|---------------|---|-------------|
| 1. | Características mecánicas de la teca..... | 5 |
| 2. | Escenarios de crecimiento de árboles de teca (<i>Tectona grandis</i> L.f.) en diferentes condiciones climáticas y edáficas en Ecuador..... | 6 |
| 3. | Propiedades físicas de la madera de teca de diferentes procedencias..... | 8 |
| 4. | Respuesta a tratamientos pregerminativos en <i>Tectona grandis</i> L.f..... | 9 |
| 5. | Plagas que atacan <i>Tectona grandis</i> en diferentes etapas del cultivo, Costa Rica..... | 11 |
| 6. | Características generales de la zona de El Empalme..... | 16 |
| 7. | Características edáficas para la selección de terrenos destinados a plantaciones de teca..... | 17 |
| 8. | Cronograma de actividades de vivero para la producción de plántulas de <i>Tectona grandis</i> L.f. en el Empalme, Ecuador..... | 19 |
| 9. | Principales plagas en la etapa de vivero y su control..... | 20 |
| 10. | Cronograma de actividades para el establecimiento de la plantación de teca (<i>Tectona grandis</i> , L.f.) en El Empalme, Ecuador..... | 21 |
| 11. | Enfermedades y plagas potenciales que pueden atacar plantaciones de teca y su control químico..... | 23 |
| 12. | Esquema de raleo por hectárea y rendimientos esperados para la plantación de teca en El Empalme, Ecuador..... | 24 |
| 13. | Rendimientos e ingresos esperados para la plantación de teca (<i>Tectona grandis</i> , L.f.) en El Empalme, Ecuador..... | 27 |
| 14. | Resumen de escenarios desarrollados para el análisis de sensibilidad.... | 30 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| Anexo | | Pág. |
|--------------|---|-------------|
| 1 | Principales especies de frondosas tropicales por superficie de plantaciones..... | 36 |
| 2 | Características edáficas de los suelos de El Empalme, Ecuador..... | 37 |
| 3 | Diseño espacial para el establecimiento de una finca de teca (<i>Tectona grandis</i> L.f.) en el Empalme, Ecuador..... | 38 |
| 4 | Cuidados durante el proceso de transplante de árboles de teca..... | 39 |
| 5 | Cuidados y recomendaciones al momento de la poda..... | 40 |
| 6 | Precios de los principales insumos agrícolas en Ecuador..... | 42 |
| 7 | Datos técnicos de establecimiento y producción del vivero..... | 51 |
| 8 | Costos Asociados a la producción de plantas en el vivero..... | 52 |
| 9 | Inversiones necesarias para el vivero..... | 53 |
| 10 | Inversiones para la plantación..... | 54 |
| 11 | Costos de establecimiento de plantación de teca (1 ha)..... | 55 |
| 12 | Rendimientos e ingresos esperados por ha de plantación..... | 56 |
| 13 | Flujo de caja de plantación de teca (1 ha)..... | 57 |
| 14 | Flujo Consolidado para las 50 ha..... | 59 |
| 15 | Matriz Multidimensional de Riesgo para VAN..... | 61 |
| 16 | Escenarios y análisis de las variables..... | 62 |

1. INTRODUCCIÓN

El acelerado crecimiento de la población mundial ha traído como consecuencia un aumento en la presión de los recursos, en especial de aquellos que necesitan de largos períodos de tiempo para alcanzar su máximo desarrollo y poder ser utilizados en beneficio del hombre. En este sentido los bosques naturales son los recursos que más presión han tenido debido a la alta calidad de sus especies, relativo bajo costo y su inmediata disponibilidad.

Entre todas las especies tropicales de maderas duras y tal vez entre todas las especies arbóreas, la teca produce una fascinación especial. Apreciada durante más de 2 000 años en su ámbito natural en Asia como madera de construcción extraordinariamente duradera, la teca es hoy codiciada en todo el mundo por su excelente estabilidad dimensional y sus cualidades estéticas (Balooni, 2000).

Aunque los troncos de teca extraídos de bosques nativos contribuyen en gran medida al comercio mundial de la madera y alimentar los mercados internos, la oferta de madera en rollo de estos países desciende progresivamente. En Tailandia se ha prohibido desde 1989 la extracción de madera de teca y de otras especies forestales nativas. En los mercados tradicionales e importantes de los productos de teca como Tailandia, Singapur y China, hay por lo tanto una clara preocupación por el futuro del suministro de teca (Krishnapillay, 2000).

Al escasear la disponibilidad de la teca de bosques naturales, crece la importancia de las plantaciones como fuente de suministros para atender a la demanda. Las plantaciones son una importante fuente potencial de suministros de madera para reducir el desnivel entre la oferta y la demanda de teca (Krishnapillay, 2000). La durabilidad de la teca y la facilidad con que se trabaja esta madera ha propiciado su distribución y cultivo relativamente amplios por las regiones tropicales. La teca se sitúa hoy entre las cinco primeras especies de frondosas tropicales por la superficie de plantación en todo el mundo (Anexo 1).

A medida que crece la demanda de teca de plantación, el sector privado se ha ido interesando más por el establecimiento de plantaciones. Los planes de inversiones se han basado a veces en proyecciones incorrectas de crecimiento, rendimiento y en escenarios de precios carentes de realismo. De ahí la creciente importancia de los programas y estudios de inversiones en la teca.

El análisis de costos de la producción forestal requiere de un marco o estructura que facilite el ordenar las actividades, el número de jornales, la cantidad de insumos y sus costos, para utilizarlos con fines de planificación, programación y establecimiento de proyectos forestales. Se necesita disponer de información confiable para demostrar a productores individuales, empresas reforestadoras, organismos no gubernamentales, y otros decisores privados y públicos, la factibilidad de un proyecto forestal (Gómez, 1996).

La zona de El Empalme, Ecuador, por varios años, ha estado dedicada a la producción agrícola tradicional. Pocas han sido las opciones que se les han presentado a los empresarios para desarrollar el potencial que presenta la zona, pues ningún estudio sobre una nueva alternativa ha sido presentada. Una de las opciones podría ser la plantación de especies madereras, específicamente de teca, por el alto potencial de esta especie y por la disponibilidad de tierras en la actualidad para ser trabajadas.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 GENERALES:

- Evaluar las condiciones agroforestales de la zona de El Empalme, provincia del Guayas, Ecuador, para el establecimiento de una plantación de 50 ha de teca (*Tectona grandis* L.f.).
- Evaluar el aspecto económico y financiero de la plantación.

1.1.2 ESPECIFICOS:

- Evaluar las características climáticas y edáficas de la zona de El Empalme para el establecimiento de una plantación de teca.
- Definir un plan de establecimiento y manejo de una plantación de teca bajo las condiciones de la zona de El Empalme.
- Estimar los costos del establecimiento de una plantación de teca y los flujos para los años de rotación.
- Determinar la Tasa Interna de Retorno, el Valor Actual Neto del proyecto, la Relación Beneficio/Costo y el Período de Recuperación.
- Analizar la sensibilidad del proyecto.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 CARACTERIZACIÓN DE *Tectona grandis* L.f.

2.1.1 Origen e historia

La teca es originaria de Birmania, Tailandia y algunas partes de la India, donde alcanza alturas de 30-40 m en condiciones favorables, con un fuste limpio de 15-20 m o incluso mayor. El árbol más grande que se conoce fue reportado en 1951 en Uttaradit, Tailandia, el que media 46 m de alto, con 24,5 m de fuste limpio y 922 cm de diámetro (Hashim, 1999).

Las plantaciones empezaron a establecerse en la India en 1842 y en la actualidad abarcan un área de 980,000 ha. En Tailandia las plantaciones pioneras se establecieron en 1906, cubriendo en la actualidad 159,000 ha (Enters, 2000). Las plantaciones de teca son también corrientes en América tropical, donde se introdujeron a principios del siglo XX. Los primeros países del continente americano que introdujeron esta especie son Trinidad y Tobago desde Birmania (1913), Panamá desde Sri Lanka (1916) y posteriormente se distribuyó en el resto de América (Krishnapillay, 2000).

Aunque las plantaciones de teca datan de hace 90 años, el establecimiento de las mismas se ha acelerado en los últimos 20. América posee en la actualidad 33,000 ha repartidas principalmente en Costa Rica, Trinidad y Tobago, Panamá, El Salvador, Colombia, Guatemala, Venezuela y Ecuador. En este último país, la teca tuvo su ingreso aproximadamente a partir de 1950, específicamente en la provincia de Los Ríos y se considera que se hizo con material genético de Trinidad, demostrando una excelente adaptación, posteriormente se expande a otros lugares, alcanzando alturas en su desarrollo que sobrepasan los 30 m y producciones de 300 m³/ha en 25 años de cultivo (Rizzo, 2000).

2.1.2 Taxonomía

Familia: Verbenaceae.

Nombre científico: *Tectona grandis* L.f.

Nombres comunes: Se la conoce también con los nombres de Tagun, Sagon, Skhu, Teak, Shilp tru, Indian oak.

2.1.3 Descripción Botánica

La teca es una especie decidua, los árboles descartan sus hojas durante la época seca, y un nuevo follaje aparece durante la época de lluvias de abril a junio (Hashim, 1999). Posee un tallo recto que puede alcanzar sobre los 50 m en condiciones favorables. Cuando crece aislado hay bifurcación del fuste y presenta una copa más amplia, ramas gruesas y bajas. Pero la bifurcación también se puede llegar a dar al llegar a la madurez o cuando la floración empieza a una edad temprana (Howard, 1948). La corteza es áspera y delgada, fisurada de color café claro; la albura es amarillenta, el corazón es de color verde oliva que al cortarse toma el color café oscuro, es dura, pesada y presenta anillos de crecimiento (bien delimitados cuando la época seca es bien definida). Las hojas son opuestas, grandes, ovales de color verde oscuro y ásperas en el haz, midiendo de 10-80 cm de largo y de 6-50 cm de ancho. Sus pecíolos son gruesos y los limbos son membranáceos (Geilfus, 1994).

Tectona grandis en su hábitat natural florece a los 5-6 años de edad. Poblaciones plantadas fuera de su distribución natural florecen a los 2-4 años después de plantadas. La floración usualmente comienza luego de las lluvias (Hashim, 1999). Sus flores son numerosas y se disponen en panículas erectas terminales. Los pedicelos miden de 0.9 a 4.5 mm de largo. Las brácteas son grandes, foliáceas con bracteolas numerosas. Las flores presentan un cáliz en forma de campana, de color amarillo verdoso con un estilo blanco amarillento con pubescencia de pelos ramificados. El ovario es ovado o cónico, densamente pubescente, con cuatro celdas (Chaves, 1991). Según Hashim (1999) las flores se abren pocas horas después del amanecer, siendo el mejor período de polinización entre las 11:30 a.m. y la 1:00 p.m. Insectos como avispas, abejas, moscas y escarabajos han sido encontrados polinizando las flores. *Heriades parvula* y *Ceratina hieroglyphica* son los dos polinizadores más importantes de teca; además las flores son también polinizadas por el viento.

El fruto es subgloboso, más o menos tetrágono, aplanado; exocarpo delgado, algo carnoso cuando fresco y tomentoso; endocarpo grueso, óseo, corrugado con cuatro celdas que encierran generalmente una o dos semillas de 5 mm de largo (Chaves, 1991). Los frutos maduran cerca de 120 días después de la fertilización (Hashim, 1999).

2.1.4 Propiedades físicas

La madera de teca posee una gravedad específica de 0.56 gr/cm^3 , que entra en el rango de madera pesada. Se considera una madera dimensionalmente estable y de muy bajas contracciones. Tiene una contracción tangencial de 4.6 %, contracción radial de 2.1% y contracción volumétrica igual a 5.1% (Benítez y Montesinos, 1988).

2.1.5 Propiedades mecánicas

La dureza Janca (verde) que posee la madera de teca es de 505 kilogramos lateral y en los extremos 519. En el Cuadro 1 se muestran la flexión estática, comprensión paralela y perpendicular de la teca.

Cuadro 1. Característica mecánicas de la teca.

| Propiedad | Esfuerzo al límite proporcional | Esfuerzo máximo | Módulo de elasticidad |
|-----------------------------------|------------------------------------|--------------------|--------------------------|
| | Kg/cm ² | | |
| Flexión estática (verde) | 594 | 937 | 97.88 x 10 ³ |
| Comprensión paralela (verde) | 373 | 477 | 106.33 x 10 ³ |
| Comprensión perpendicular (verde) | 94 | - | - |

Fuente: Benítez y Montesinos (1988).

2.1.6 Trabajabilidad y usos

Hashim (1999), asegura que *Tectona grandis* posee una reputación mundial debido a su durabilidad, fácil uso, peso moderado, belleza y estabilidad dimensional. Según Benítez y Montesinos (1988) la madera es fácil de trabajar con herramientas manuales y de carpintería. La resistencia a la extracción de clavos y tornillos es satisfactoria, el engomado es regular debido a lo aceitoso de su madera. El lijado y el barnizado son satisfactorios. Para trabajos especiales se recomiendan sierras de carburo de tuxtano (carbón). Ambos autores, coinciden en los usos que se le da a la teca, entre los que mencionan: construcción en general, construcciones marinas, postes, durmientes, pilotes, construcción de embarcaciones, pisos, estructuras para interiores, artesanías finas, bates deportivos, tonelería y recipientes de laboratorio, utensilios domésticos, esculturas, chapas, instrumentos de precisión, entre otros.

2.2 TECA COMO ESPECIE DE PLANTACIÓN

El árbol de teca se establece con relativa facilidad en plantaciones, y gracias a la constante demanda mundial tiene buenas perspectivas como especie de plantación. Según Krishnapillay (2000), pese a la amplitud de las plantaciones, la madera de teca procedente de ellas no ha tenido, hasta tiempos recientes, un efecto notable sobre la oferta de madera industrial en rollo en el comercio maderero mundial, excepto en algunas exportaciones a corto plazo de Papua Nueva Guinea y Ecuador.

Las plantaciones de teca han demostrado su buena potencialidad, pero subsisten algunas dudas, en particular sobre tasas viables de crecimiento y efectos sobre el medio ambiente (especialmente la erosión). Sin embargo, es probable que en el futuro las plantaciones sean la más importante fuente de suministros de teca (Balooni, 2000).

2.2.1 Temperatura , pluviosidad y período seco

El crecimiento óptimo de la teca tienen lugar con una temperatura mensual mínima superior a 13 °C y una temperatura mensual máxima de 40 °C (Kishnapillay, 2000). Hashim (1999), ubica a la temperatura óptima para el desarrollo de la especie entre los 27 y 36 °C y unas temperaturas nocturnas que vayan desde los 25 hasta los 30 °C. El mismo autor, recomienda sitios con precipitaciones anuales entre 1200 y 3000 mm con estaciones secas y lluviosas bien marcadas.

En un estudio realizado en Costa Rica, Montero, Ugalde y Kanninen (2001) estudiaron las variables de sitio, suelo e índice de sitio en *Tectona grandis*. La precipitación media anual presentó una correlación positiva con el índice de sitio ($r=0.55$), de acuerdo con los resultados la especie presenta buenos crecimientos a partir de los 1500 mm de precipitación media anual. La temperatura media anual de *Tectona grandis* presentó una relación inversamente proporcional al índice de sitio; los mejores crecimientos se obtuvieron entre los 26 y 27 °C de temperatura media anual. En este mismo estudio, el 88% de parcelas de teca con los mejores índices de sitio se encontraron en lugares que tenían tres a seis meses de período seco, y solo un 3% de altos índices se encontraron en sitios sin déficit hídrico.

2.2.2 Requerimientos climáticos para Ecuador

El crecimiento de los árboles de teca depende de diferentes condiciones climáticas y edáficas para su crecimiento. Los datos que se presentan en el Cuadro 2 muestran los diferentes escenarios de crecimiento de plantaciones en Ecuador, dependiendo de las condiciones del suelo y del clima.

Cuadro 2. Escenarios de crecimiento de árboles de teca (*Tectona grandis*, L.f.) en diferentes condiciones climáticas y edáficas en Ecuador.

| Parámetro | Crecimiento Optimo | Crecimiento Medio | Crecimiento Lento |
|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| Climáticos | | | |
| Temperatura | 22 - 27°C | 13 - 35°C | 16 - 18°C |
| Precipitación | 1500 - 2000 mm | 1250 - 3000 mm | 500 - 700 mm |
| Altitud | 0 - 600 m.s.n.m | 0 - 900 m.s.n.m | mas de 900 m.s.n.m |
| Meses secos | 3 - 4 | 5 - 7 | mas de 8 |

Fuente: Daniel Arámbulo (2002).

2.2.3 Selección de terrenos

Además de las condiciones climáticas, la teca requiere ciertos requisitos edáficos. Según el Proyecto Canadiense (1997), *Tectona grandis* se adapta a una gran variedad de suelos, pero prefiere los franco-arenosos o arcillosos, profundos (> 90 cm.), fértiles, bien drenados, con pH neutro o ácidos y pendientes menores del 30% para evitar erosión. Se debe descartar terrenos con suelos profundos, compactados por el sobrepastoreo o arcillosos, con bajo contenido de calcio o magnesio. Estos requerimientos coinciden con los expuestos por Krishnapillay (2000) quien recomienda suelos profundos, bien drenados y fértiles, especialmente sobre substratos como suelos volcánicos o aluviales, el pH óptimo del suelo lo ubica entre 6.5 y 7.5 e indica que el Ca podría limitar el crecimiento en diámetro de los árboles. Hashim (1999) recomienda suelos bien drenados aluviales con pH entre 6.5 y 7.5 y altos contenidos de sílice y fósforo. Mothes, Cuevas y Franco (1991) determinaron la limitación nutricional por fósforo en la crono secuencia de una plantación de teca y encontraron que la limitación de este elemento se presenta en las etapas maduras de la plantación (a partir de los 12 años), donde la dependencia de fósforo proviene principalmente del ciclaje interno de nutrimentos, donde se depende de la hojarasca, que no devuelve lo consumido por el árbol, especialmente P y K.

Los nutrimentos foliares de *Tectona grandis*, como calcio y magnesio indican que a mayor contenido de estos elementos en las hojas, mayor es la calidad y crecimiento de los árboles. En el caso del potasio, un 1% es suficiente para un buen crecimiento (Montero, Ugalde y Kanninen, 2001).

2.2.4 Procedencias con las que se trabaja

Pueden cultivarse plantas de teca a partir de semillas o tejidos vegetativos (estacas, esquejes, etc). Para obtener materiales de siembra razonablemente uniformes a partir de las semillas, hay que establecer viveros de plántulas o huertos de semillas clonales de árboles de buena calidad (Balooni, 2000). Para las regiones exteriores al ámbito natural de la teca, los suministros de semillas locales han sido a veces muy deficientes en algunas características de importancia comercial, lo que las hace inadecuadas para usarlas en plantaciones a escala comercial (Krishnapillay, 2000).

En Asia, se han realizado muchos estudios de comparación entre diversas procedencias. Generalmente, las procedencias de la India presentaron deformaciones y mucha ramificación del fuste. Las procedencias de Tailandia y Birmania fueron las mejores. En América, se recomienda utilizar dos procedencias: Tennasserim-Trinidad y Sri Lanka-Panamá. En Trinidad se ha mejorado gradualmente la calidad genética de la semilla, introducidas en 1913 de Birmania al eliminar los árboles mal formados (Proyecto Canadiense, 1997). En el cuadro 3, se muestran algunas propiedades físicas de varias procedencias utilizadas comercialmente en plantaciones de teca.

Cuadro 3. Propiedades físicas de la madera de teca de diferentes procedencias.

| Procedencia | Edad/Años | P.E.B | C.R | C.T | C.V | C.R./C.T. |
|----------------|-----------|-------|-----|-----|-----|-----------|
| Puerto Rico | - | 0.55 | 2.1 | 3.8 | 6.2 | 1/1.8 |
| Honduras | - | 0.56 | 2.1 | 4.6 | 5.1 | 1/2.2 |
| Myanmar | - | 0.57 | 2.3 | 4.2 | 6.8 | 1/1.8 |
| Africa y Asia | - | - | 2.7 | 5 | 7.9 | 1/1.9 |
| Quepos, C.R. | 28 | 0.61 | 2.3 | 5.4 | 5.7 | 1/2.3 |
| S.L.- Panamá | - | 0.63 | 1.9 | 4.9 | 5.6 | 1/2.6 |
| India | - | 0.57 | 2.2 | 4 | - | 1/1.8 |
| Abangares C.R. | 17 | 0.58 | 2.2 | 3.9 | 6.2 | 1/1.8 |

P.E.B: Peso específico básico
C.R : Contracción radial
C.T : Contracción tangencial
C.V: Contracción volumétrica
C.R./C.T.: Razón de contracción

Fuente: Castro y Raigosa (1998).

2.2.5 Manejo del vivero

2.2.5.1 Siembra en semillero. Los frutos de teca son de tamaño moderadamente grande, existiendo entre 800 y 2,000 semillas/Kg. Las semillas frescas presentan un porcentaje de germinación de 40-60%; la germinación es epigea y comienza de 30-60 días después de la siembra, sin ningún tratamiento a la semilla (Chaves, 1991).

La germinación de las semillas es lenta, comenzando solo después de 1-3 semanas de plantadas y se completa hasta después de 4 meses. Frutos largos (diámetros mayores de 1.8 cm.) poseen altos porcentajes de germinación. La siembra de semillas se realiza sobre camas de germinación donde las semillas son colocadas en hileras. La distancia entre filas es de 3 cm (Hashim, 1999).

Según el Proyecto Canadiense (1997), como tratamiento de escarificación para acelerar y uniformizar la germinación, se ha empleado la inmersión de la semilla en agua por períodos de 24 a 72 horas y ántes de la siembra. González (1999), en su estudio evaluativo de 15 tratamientos pregerminativos en teca, encontró que los mayores porcentajes de germinación, energía germinativa y tiempo medio de germinación se obtuvieron con la escarificación mecánica más inmersión en agua y secado alterno por diferentes tiempo como se muestra en el Cuadro 4.

Cuadro 4 . Respuestas a tratamientos pregerminativos en *Tectona grandis* L.f.

| | Tratamientos | | | Germinación (%) | |
|---|----------------|---------------------------|----------------|-----------------|----|
| | Escarificación | Inmersión en agua (horas) | Secado (horas) | | |
| 1 | Si | 12 | 12 | 3 | 66 |
| 2 | Si | 12 | 12 | 4 | 70 |
| 3 | Si | 24 | 24 | 3 | 72 |

Fuente: González (1999).

2.2.5.2 Transplante en bolsas. El transplante se realiza en bolsas de 7 x 8 pulgadas a los 15 días después de la germinación (Proyecto Canadiense, 1997). Hashim (2000), indica que el transplante debe hacerse cuando las plántulas alcancen dos hojas, colocándolas en bolsas o en camas para después de seis meses estar listas para llevarlas al campo.

Según Montoya y Cámara (1996) para el llenado de bolsas se necesita un sustrato con ciertas características: permeable, retener bien el agua, humedecerse fácilmente, 20-40% del volumen total del sustrato ocupado por aire, pH comprendido entre 5 y 8, ser fértil, no portar semillas o propágulos de malezas, permitir una buena micorrización, ser homogéneo y resultar económico. Una mezcla de tierra con aserrín descompuesto de madera de color (proporción 3:1) o de tierra con estiércol de ganado y casulla de arroz bien descompuesto (proporción 3:1:1), previamente esterilizados proveen las características mencionadas.

En la actualidad se cuentan con diferentes tipos de envases, aparte de las bolsas plásticas, para siembras forestales. Montoya y Cámara (1996) mencionan que los envases empleados en la actualidad pueden ser no recuperables (jiffy-pot, paper-pot y ecopot) y recuperables (Super-leach y Forest-pot).

2.2.5.3 Propagación vegetativa. El método más corriente la plantación con pseudo-estacas (tocones). Se escogen estacas de las plantas que presentan características deseadas y estas deberían tener de 0.5-1.0 cm. de diámetro. A los 5 meses aproximadamente las plántulas más grandes en los canteros se cortan para permitir el desarrollo de las más pequeñas. Cuando alcanzan el diámetro del pulgar al nivel del suelo (8 meses o más) las plántulas se desentierran y podan, dejándoles 5 a 10 cm. de tallo y 15-20 cm. de raíz principal (Geilfus, 1994). Hashim (1999) recomienda que para producción de estacas, las plántulas tienen que crecer hasta alcanzar un diámetro en el collar mayor a 10 mm, lo que toma aproximadamente un año. Las estacas mantienen su viabilidad (90%) incluso después de un período de almacenamiento mayor a 6 meses. Según el Proyecto Canadiense (1997), cuando se propaga por estacas, el transplante se debe realizar en bancales a un distanciamiento de 20 x 20 cm, donde las plantas permanecen un promedio de 4 a 12 meses.

2.2.5.4 Micorrización. Se denomina micorrizas a aquellos hongos que, en asociación con las raíces de las plantas permiten a éstas una mejor supervivencia y un mejor crecimiento, al captar del suelo parte del agua y de los nutrientes que los vegetales precisan. A cambio la planta provee suministra a los hongos alimentos que no son capaces de sintetizar por sí solos. En otros casos el hongo defiende y protege a la planta de la agresión de otros hongos dañinos para ella (Montoya y Cámara, 1996). No existen estudios de uso de micorrizas en teca, pero se han observado buenos resultados en otras especies forestales, como el pino (South, 2000).

2.2.5.5 Control de Enfermedades y Plagas. Según Hashim (1999) la teca es bastante resistente; raras veces es atacada por enfermedades, pero ciertos viveros han presentado problemas con infecciones bacterinas causadas por *Pseudomona solanacerum*. CATIE (1991) describió las plagas potenciales que podrían atacar *Tectona grandis* en etapa de vivero, encontraron que las plagas más comunes en las plántulas fueron: *Attta* spp. y *Phyllophaga* spp. (insectos), *Agrobacterium tumefasciens* y *Fusarium oxysporum* (patógenos). Todas las plagas fueron efectivamente controladas mejorando prácticas sanitarias en el vivero. Además un factor clave es la esterilización del sustrato que se vaya a utilizar para sembrar las plántulas.

2.2.5.6 Control de malezas. La planta es sensible a la competencia de las malezas, por lo que se recomienda realizar controles manuales en las bolsas.

2.2.5.7 Fertilización. Según el Proyecto Canadiense (1997) esta práctica es opcional en la producción de plantas en el vivero. Los resultados de los diferentes estudios demuestran que la aplicación de N, P y K mejora el color, vigor y el crecimiento de las plántulas. En caso que se desee realizar la fertilización, se recomienda aplicar 5 gr/planta de 12-24-12 a los dos y cuatro meses después de la germinación.

2.2.5.8 Riego. El crecimiento de la planta depende en gran medida de la cantidad de agua que se le proporciona en esta etapa. El riego se realiza por aspersión. La frecuencia es necesaria para evitar la desecación de la parte inferior de las plántulas, pudiéndose producir la muerte de los extremos de las raíces o el reviramiento hacia arriba de las raíces que tienden a buscar la humedad en la parte superior. El riego por goteo también ha mostrado ser eficiente pero con costos muy elevados (Montoya y Cámara, 1996).

2.2.6 Establecimiento de la plantación

2.2.6.1 Preparación del suelo. Una vez seleccionado el sitio se procede a realizar la limpieza del terreno, mediante una chapea general (Proyecto Canadiense, 1997). Para Somabirra *et al.* (1999) la preparación del terreno varía dependiendo de la vegetación presente. Se puede utilizar Paraquat en sitios con pastizales, o la apertura y mantenimiento de 6 m de callejón (3 m a ambos lados) en sitios plantados con frutales perennes.

2.2.6.2 Siembra o transplante. El transplante se realiza al principio de la época de lluvia. La distancia inicial de establecimiento es de 3 x 3 m al cuadro, para obtener una población de 1,111 plantas/ha. Se mide con cinta métrica o cabuya y se estaquea los lugares de siembra, se realiza el ahoyado, y, antes de la colocación se rellena el fondo del hoyo con la tierra superficial apartada durante el transplante (Proyecto Canadiense, 1997). Según Hashim (1999), en sitios buenos un espaciamiento de 3 x 1 debe ser utilizado. Asimismo indica que una distancia de plantación de 2.4 x 3 m bajo el sistema taungya, dan los más altos retornos económicos. Después de la siembra, se realiza alrededor de la planta un comaleo (limpieza circular alrededor de la planta) con azadón, de 0.5 a 0.8 m de diámetro alrededor de la planta (Proyecto Canadiense, 1997).

2.2.6.3 Control de plagas y enfermedades. Las plagas no son mucho problema en la plantación de teca, pero existen una numerosa lista de plagas que potencialmente podrían atacar las plantas. La defoliación es un problema en plantaciones maduras. Algunos insectos están involucrados en la defoliación, incluyendo *Eureka hecahe*, *Hyblaea peura*, *Apaliar damastesalis*, *Hypomeces squamosus* y *Psara* spp. (Lepidoptera: Pyralidae). Las polillas *Pyrausta machoeralis* y *H. peura* son los mayores defoliadores en la India, causando una pérdida de 13-65% del crecimiento anual (Hashim, 1999). CATIE (1991), menciona que la teca es atacada en diferentes etapas del cultivo, presentándose unas plagas con más frecuencia que otras (Cuadro 5).

Cuadro 5. Plagas que atacan *Tectona grandis* en diferentes etapas del cultivo, Costa Rica.

| Plaga | Especie | Daño | Frecuencia |
|-------------|----------------------------------|--------------------------|------------|
| Insectos | <i>Atta</i> spp. | Defoliación | Común |
| | <i>Neoclytus cacicus</i> | Barrenador del xilema | Esporádico |
| | <i>Plagiohammus spinipennis</i> | Barrenador del floema | Común |
| | <i>Phyllophaga</i> spp. | Destrucción de raíces | Común |
| Vertebrados | <i>Ortogeomys underwoodi</i> | Destrucción de plántulas | Raro |
| Patógenos | <i>Agrobacterium tumefaciens</i> | Tallo | Raro |
| | <i>Fusarium Oxysporum</i> | Raíz, tallo | Raro |
| | <i>Corynespora</i> spp. | Follaje | Raro |

Fuente: CATIE (1991).

Cuando se presenten este tipo de plagas el control más efectivo es el químico, aplicando insecticidas sistémicos o de amplio espectro. Se puede reducir el peligro de ataque manteniendo medidas sanitarias en las labores de campo y utilizando plantas que no estén infectadas (Hashim, 1999).

En Costa Rica, se identificaron 15 especies de insectos, 17 patógenos, un muérdago y un vertebrado. Los principales problemas detectados son *Phomopsis* spp en los brotes de árboles jóvenes; la "mancha tiro al blanco" (*Pseudoepicocus tectonae*) y el "esqueletizador de la teca" (*Hyblaea puera*) en el follaje; la "corona de agallas" (*Agrobacterium tumefaciens*), los canchros producidos por *Nectria nauritiicola*, *Fusarium*

sp. y *Dothiorella* sp., los barrenadores del xilema *Plagiohammus spenipennis* y *Neoclytus cacticus* en el fuste y a nivel radical el "comedor de raíces" (*Phyllophaga* sp.) y las pudriciones producidas por *Fusarium* spp. y *Phytophthora* spp (Arguedas, 2000).

La enfermedad que se ha encontrado más comúnmente en *Tectona grandis* es la marchitez bacteriana causada por *Pseudomonas solanacearum*, en especial en aquellos terrenos cuyo uso antes de la plantación era cultivo de solanáceas (tomate, chile, berenjena, etc). El método más económico y efectivo es mejorando las prácticas sanitarias (Hashim, 1999).

2.2.6.4 Fertilización . Se han llevado a cabo muchos experimentos con teca sobre la aplicación de fertilizantes una vez realizado el trasplante al sitio final, pero los resultados han sido contradictorios, debido, quizá a la variabilidad de suelo y procedencia utilizadas, lo cual hace difícil formular recomendaciones generales en cuanto a sitios y fertilizantes. Sin embargo, Gómez y Reiche (1996) recomiendan colocar a la planta 40 gramos/planta de 10-30-10 e igual cantidad de un fertilizante foliar (Nutrán) durante los dos primeros años de la plantación.

2.2.6.5 Deshija y Podas . Cuando se maneja plantaciones propagadas con rebrotes o pseudo estacas, se hace necesario realizar una deshija para disminuir los rebrotes, dejando dos hijos por tocón en el primer año; luego en el tercer año se deja el mejor de los dos, dependiendo de las cualidades del árbol que se requiera (Geilfus, 1994). Somarriba *et al* (1999) recomienda una deshija 1 ó 2 veces durante el primer año, una vez que los rebrotes de la pseudoestaca alcanzan de 1 a 1.5 m de altura

Las podas de formación se realizan a partir del tercer año, eliminando las ramas laterales hasta la mitad de la altura total de la planta para evitar la formación de nudos en la madera (Proyecto Canadiense, 1997). Según Geilfus (1994) las podas se realizan en forma semestral durante los primeros dos años y nuevamente (una sola vez) a los 3 ó 4 años de edad tratando de despejar de ramas los primeros 6 m de fuste. Existen varios técnicas de poda para árboles destinados a la producción de madera.

2.2.6.6 Raleos. Una de las operaciones silviculturales más importantes en el manejo de plantaciones forestales destinadas a producir madera para aserrío, es el raleo, cuyo objetivo es favorecer los mejores individuos para el turno final. A la vez, existe una falta de claridad sobre el momento oportuno, la intensidad y la frecuencia de esta operación. Los árboles que han experimentado una competencia fuerte por luz (por ejemplo, en plantaciones raleadas en forma tardía) se caracterizan por tener copas pequeñas y fustes delgados debido a un crecimiento pobre en diámetro (Morataya y Galloway, 1998). El raleo debería iniciarse una vez que la competencia entre copas comience (Hashim, 1999). Si el raleo se demora, las tasas de crecimiento descienden o se paralizan, mientras que con un raleo prematuro, o demasiado intenso, los árboles tienen tendencia a producir ramas laterales y brotes superficiales, lo que reduce el rendimiento potencial de la plantación, ya que el crecimiento se desvía del tronco principal (Krishnapillay, 2000).

El primer raleo debería realizarse al cuarto año o cuando la plantación alcanza de 7-9 m de altura y se recomienda eliminar el 50% de los árboles (556 árboles/ha) y el segundo raleo se efectúa a los 10 años, eliminando el 50% de los árboles para dejar una densidad final de 278 árboles/ha (Chaves, 1991). Hashim (1999) coincide con esta recomendación para el primer raleo, pero menciona que el segundo debería efectuarse cuando los árboles alcancen una altura entre 10.7 y 13.7 m. Krishnapillay (2000), recomienda el segundo raleo cuando los árboles alcancen una altura de 17-18 m. Somarriba *et al* (1999) realizaron raleos eliminando primero los árboles suprimidos, deformados o enfermos y luego se estableció el criterio de no dejar en pie más de dos árboles contiguos al espaciamiento inicial de 2.5 m.

2.2.7 Calidad de la teca de plantación

Se ha sostenido que la madera de teca obtenida de plantaciones es de inferior calidad física respecto a la obtenida de bosques naturales. Pero se ha observado más variabilidad en la calidad de la madera de teca de bosques naturales que en la teca de plantación, lo que es un inconveniente para su uso. Entre los usuarios de teca se cree en general que los árboles de crecimiento rápido dan sólo madera ligera, débil y esponjosa (Krishnapillay, 2000). Sin embargo estudios realizados en la India, no corroboran esta opinión. Aunque los árboles de plantación crecen más deprisa que los de los bosques, se ha comprobado que la relación entre tasa de crecimiento y fortaleza no es significativa (Enters, 1999). Montero, Ugalde y Kanninen (2001) determinaron que la densidad y las propiedades mecánicas de la madera son independientes de la tasa de crecimiento, encontrando que la madera procedente de plantaciones presentaban mejores características con un 82% de duramen y 18% de albura.

2.2.7.1 Normas técnicas para madera de exportación

- a. Tiempo para Corte: Madera: madera entre 10 y 40 años de plantadas.
- b. Blanco mezclado con café claro .
- c. No se permiten ataques de insectos y plagas.
- d. No se permiten ataques de hongos.
- e. No se aceptan costaneras ni defectos mecánicos.
- f. No se aceptan nudos vivos.
- g. No se aceptan nudos muertos.
- h. Secado al horno al 16% de humedad relativa.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio abarcó dos aspectos: técnico y económico para la evaluación de El Empalme como zona potencial para el establecimiento de una plantación de teca (*Tectona grandis* L.f.) . En base al estudio técnico se arrancó la preparación de los costos e ingresos que finalmente proporcionaron las medidas económicas evaluativas del proyecto.

3.1 METODOLOGÍA DE LEVANTAMIENTO

3.1.1 Estudio Técnico

Se recurrió a la información existente sobre plantaciones de teca en Ecuador y Centro América. La información literaria sobre las prácticas de manejo en vivero y en plantación, fue obtenida de las publicaciones científicas de varios productores e investigadores de esta especie. Estos datos a la vez fueron filtrados por la información proporcionada por varios técnicos y empresarios ecuatorianos, así como por el personal encargado de las plantaciones forestales en Zamorano. Algunas prácticas que fueron encontradas en la literatura no fueron tomadas en cuenta por la falta de investigación uniforme en teca o porque los resultados del uso de la práctica son inciertos.

Una vez definida la extensión del proyecto (50 Ha), se comenzó a recolectar información basada en las necesidades específicas que tiene la zona para esta especie. Se dividió el análisis en dos etapas: en primer término la evaluación preliminar de las características climáticas y edáficas del sector, y luego, en base a las deficiencias o bondades de los terrenos, se elaboró un plan de manejo que detalla todas las labores de establecimiento, mantenimiento y control que demanda un plantación de teca.

Para la determinación de épocas de podas y raleos se estimó aproximadamente los años en que la especie cerraría el dosel y como segundo criterio se tomó la altura promedio que podría alcanzar la plantación en los diferentes años. Se elaboró un control de las principales plagas que potencialmente pueden atacar al cultivo, proponiendo un plaguicida disponible en el país del proyecto y una dosis por área que controle de manera efectiva la plaga.

Basándonos en los resultados del estudio técnico se determinaron todas las actividades de producción, cuantificando así la necesidad del proyecto en cuanto a recursos: materiales , mano de obra y equipo.

3.1.2 Estudio económico

El estudio económico se basó en los resultados obtenidos en la parte técnica, el que proporcionó las actividades, insumos y mano de obra necesaria en cada año para establecer y mantener la plantación de teca. Las actividades fueron divididas en dos partes: las relacionadas a la producción de plántulas en el vivero y las involucradas con el establecimiento y mantenimiento de la plantación durante los 25 años que durará su rotación.

Para determinar los costos involucrados con el establecimiento del vivero se tomó como base el cronograma de actividades elaborado en la parte técnica. Los costos de establecimiento y mantenimiento se estimaron basados en la programación de actividades del estudio técnico. Las eficiencias en la mano de obra y maquinaria fueron obtenidas tanto de la literatura como de la experiencia de empresarios y técnicos que trabajan en el sector. Los precios actualizados de los insumos y mano de obra se tomaron de fuentes proveedoras de estos productos y servicios en el Ecuador.

Los ingresos se estimaron basados en un rendimiento promedio que podría alcanzar la plantación, los mismos que se obtuvieron utilizando una regresión logarítmica para ajustar los datos de crecimiento obtenidos en varios sitios de Ecuador. Los precios para los diferentes productos de la plantación a lo largo de su rotación fueron obtenidos del mercado al momento de realizar el estudio.

Con los costos e ingresos estimados, se elaboró el flujo de caja para los 25 años de rotación de la plantación, el mismo que sirvió para obtener las medidas financieras del proyecto: VAN, TIR, relación Beneficio/Costo y Período de Recuperación. Para determinar la sensibilidad del proyecto se elaboró una tabla de datos, colocando como índice a variar el VAN del proyecto. Además se estimaron dos escenarios para el proyecto modificando las principales variables que influyen en su rentabilidad. Todos los análisis se realizaron mediante el uso del programa Microsoft® Excel 2002.

3.2 CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DEL PROYECTO

Superficie de plantación.- La superficie de plantación o tamaño del proyecto está basado en 50 ha unidas en una misma superficie (un solo cuerpo). Esta superficie fue escogida por ser bastante manejable desde el punto de vista técnico, además la alta inversión inicial que caracteriza al establecimiento de plantaciones forestales, es factible.

Localización.- El proyecto se llevará a cabo en la zona de El Empalme, provincia del Guayas, Ecuador. La zona se caracteriza por la producción de cultivos de ciclo corto. En la actualidad se cuenta con 50,000 a 100,000 ha con vocación forestal disponibles para ser utilizadas en cualquier tipo de nueva inversión.

Descripción del área- Las plantaciones pueden ser establecidas en terrenos de propietarios de finca o nuevos inversionistas en la zona de El Empalme. La zona se encuentra a 150 km de Guayaquil y 10 km de Quevedo, las dos ciudades más importantes de las provincias del Guayas y Los Ríos respectivamente.

La zona tiene precipitación y temperatura promedio altas, una marcada época seca, que comienza a mediados del mes de julio y termina a mediados de Diciembre. Los suelos son ligeramente ácidos, son de origen aluvial y poseen pendientes medias a moderadas (Cuadro 6).

Cuadro 6.- Características generales de la zona de El Empalme.

| Características | Descripción |
|---------------------------|--------------------|
| Latitud | 4° 7' 60S |
| Longitud | 79° 49' 60W |
| Elevación | 180 m.s.n.m. |
| Temperatura media anual | 26 °C |
| Precipitación media anual | 1600 mm |
| Estación lluviosa | Enero-Julio |
| Estación seca | Agosto-Diciembre |
| Pendiente | 4 - 6% |

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 ESTUDIO TÉCNICO

4.1.1 Selección de sitio de plantación

Es de suma importancia debido a que la especie basa su calidad y tasa de crecimiento en gran parte en la calidad edáfica y climática del terreno. La zona del Empalme posee altas temperaturas y precipitaciones promedios anuales, así como estaciones bien marcadas de período seco. Por lo tanto la selección del sitio de plantación está en base a las características de pendiente, drenaje, profundidad del suelo y contenido nutricional de los suelos (Cuadro 7)

Cuadro 7. Características edáficas para la selección de terrenos destinados a plantaciones de teca.

| Característica | Requerimiento |
|-----------------------|-----------------|
| Tipo de suelo | Aluvial |
| pH | 5.3 – 5.9 |
| Drenajes | Bien Drenados |
| Profundidad del Suelo | > 90 cm |
| Fertilidad | Alta |
| Topografía | Plana, menor 3% |

Los suelos de la zona de El Empalme presentan buenos contenidos nutricionales para asegurar un crecimiento eficiente de la plantación (Anexo 2). Por lo tanto hay que seleccionar un terreno dentro de una misma superficie, que tenga la suficiente extensión para establecer la plantación (50 ha) y nos permita expansiones futuras.

4.1.2 Selección de procedencias

Se recomienda utilizar dos procedencias: Tennaserim-Trinidad y la Sri Lanka-Panamá. Las semillas se pueden obtener del Banco de la Red Regional de Semillas Forestales para América Central y El Caribe (REMSEFOR) por su alta calidad y bajo precio.

4.1.3 Manejo del Vivero

4.1.3.1 Producción de plántulas. La producción de plántulas se dividirá en dos ciclos, con el propósito del uso más eficiente de las instalaciones y para obtener plantas lista para el campo en dos épocas de la temporada lluviosa, lo que facilitará el transplante final al campo (Cuadro 8).

- **Selección del sitio.** Para la preparación de los bancales se debe seleccionar un terreno cerca de una fuente de agua y posea tierra suelta y de buen contenido nutricional. Se debe además preparar las instalaciones (riego, bodega y cercas).
- **Preparación de bancales.** Se deben preparar 3 bancales de 1 x 13 metros y desinfectarlos con una aplicación de Captan 80 aplicado con bomba y luego Mocap 15 G incorporado. Otro método que resulta más económico es la desinfección del medio con agua hirviendo, lo que elimina toda plaga presente en el medio.
- **Escarificación.** Se debe hacer un tratamiento pre-germinativo a la semilla, para lograr un porcentaje de germinación más alto y en menor tiempo. A todas las semillas hay que escarificarlas (eliminación de la capa externa de la semilla con una máquina despulpadora de café. Luego se coloca la semilla en agua por 24 horas, después se ponen a secar al ambiente por el mismo tiempo. Este proceso de mojado y secado hay que repetirlo durante 3 días. Con esto se debería lograr un porcentaje de germinación mínimo de 72%, después de 25 días de sembradas las semillas. Otra alternativa puede ser dejar la semilla en agua por 12 horas en la noche, 12 horas en la mañana del siguiente día y en la noche remojo. Al tercer día se siembra a pleno sol.
- **Siembra** Inmediatamente después del escarificado se procede a colocar las semillas en los bancales a una distancia de 3 x 3 cm. Mientras las plántulas permanezcan en el bancal, van a estar protegidas con un sarán que permita el 40% de sombra.

4.1.3.2 Transplante a bolsas. Después de germinadas, las plántulas deben permanecer en los bancales por 15 días más, luego de lo cual se colocarán en bolsas de polietileno de 6 x 9 pulgadas. Las bolsas deben ser llenadas con un sustrato que permita el mantenimiento de la plántula durante esta etapa, se recomienda utilizar una mezcla de tierra de bosque tamizada, con estiércol descompuesto, casulla de arroz y arena (proporción 3:1:1:1). Las plantas tienen que estar un período de 4-5 meses antes de ser trasplantadas al campo.

4.1.3.3 Riego. Para el riego se debe tener un sistema de aspersión, de presión media y baja descarga. Los riegos se deben efectuar dependiendo de las condiciones ambientales. Lo que interesa es mantener el suelo húmedo, reduciéndolo progresivamente unos meses antes del trasplante para aclimatar a la planta a las condiciones de campo antes de comenzar el proceso de lignificación. En la etapa de bancales se recomienda aplicar 3.8 metros cúbicos por bancal, con una frecuencia de 3 veces por semana. Cuando las plantas estén en bolsas se debe aplicar un promedio de 0.75 litros por riego, 3 veces por semana.

4.1.3.4 Fertilización. Se debe aplicar 5 gr/planta de 12-24-12 a los dos meses de que las plantas germinan. Luego de dos meses se procede a poner otros 8 gr/planta del mismo fertilizante. Con esto se mejora el vigor, color y crecimiento de las plántulas.

4.1.3.5 Control de enfermedades y plagas. En caso de haber esterilizado de manera correcta el suelo al momento de preparar el sustrato de las bolsas y los bancales, no habrá una alta incidencia de plagas. Las principales plagas potenciales que se pueden tener en esta etapa son: *Atta* spp., *Phyllophaga* spp. y *Fusarium oxysporum*. El control para cada una de estas plagas se basa en prácticas culturales y control químico (Cuadro 9).

Cuadro 9. Principales plagas en la etapa de vivero y su control.

| Plaga | Nombre común Producto | Nombre Comercial Producto | Dosis |
|---------------------------|--------------------------|------------------------------|---|
| <i>Atta</i> spp | Malathion | Malathion 57 ec | 1-2 lt + 4 litros de aceite agrícola en 200 litros de agua/ha |
| <i>Phyllophaga</i> spp. | Chlorpyrifos | Lorsban 4E | 2.5 kg /ha de vivero |
| <i>Fusarium oxysporum</i> | Oxícloruro de cobre | Cuprosan 311 Super D | 2 kg/ha |

Fuente: Adaptado CATIE (1996).

4.1.3.6 Control de malezas. Lo más práctico es el control manual. Incluso cuando las malezas se presenten agresivas no se recomienda el uso de herbicidas en la etapa de vivero.

4.1.4 Establecimiento de la plantación

Varias actividades deben realizarse al momento de establecer la plantación (Cuadro 10).

4.1.4.1 Preparación del suelo. Se debe eliminar totalmente la vegetación existente, para evitar la competencia por malezas. Los terrenos de la zona del Empalme que están disponibles para plantaciones forestales, se caracterizan por estar con gramíneas anuales, además de algunos árboles perennes. La limpieza con tractor es la más recomendable, por su relativo bajo costo y por la rapidez con que se logra obtener un terreno listo para utilizar. Al mismo tiempo que se usa el tractor para nivelar y dejar una pendiente menor

al 3%. En caso de encontrar malezas persistentes, se debe aplicar una mezcla de Round-up y Dicamba (proporción en litros 2:2 y 2 kg. de urea en 200 litros de mezcla/ ha). Para los árboles grandes o maduros se aplicará Tordón inyectado al árbol o se lo eliminará con motosierra o machete.

Luego se realizará el trazado del terreno y la marcación del mismo. Se medirá con una cinta métrica o cabuya y se estaquea los lugares de siembra. La densidad inicial que se recomienda es de 1111 árboles /ha , es decir una separación de 3 x 3 m, en un sistema cuadrado (Ver Anexo 3).

4.1.4.2 Transporte . Se debe tomar las medidas necesarias para que las plantas no queden expuestas a condiciones adversas en el traslado al campo, evitando de esta manera un estrés que podría reflejarse en el crecimiento futuro de la plantación. El medio de transporte: carreta, troco o el vehículo que se cuente para este propósito debe estar dividido de manera que resulte eficiente desde el punto de vista económico, abarcando el mayor número de plantas, pero sin causar daños a éstas. Es recomendable colocar dos pisos de plantas y por sobre éstas una sombra plástica. Al momento del cargado se tiene que revisar que todas las plantas estén en buen estado. Antes de ser traspasadas al campo se debe eliminar raíces que salgan de la superficie de la bolsa y proporcionarles un riego para evitar el estrés hídrico.

4.1.4.3 Transplante. El transplante de las bolsas al campo se debe realizar a comienzos de febrero que es la época en la que comienzan las primeras lluvias. El ahoyado se lo hace de manera que el hoyo tenga más o menos el doble del tamaño de la bolsa de polietileno. Antes de la colocación de la plántula se rellena el fondo del hoyo con la tierra superficial apartada durante el transplante. Al momento de plantar se debe dejar libre el cuello de la planta, ya que posteriormente puede causar pudriciones del tallo (Anexo 4).

4.1.4.4 Control de las malezas. Se debe tener un estricto control de las malezas durante los primeros años, hasta que cierre el dosel. Se debe realizar un control manual, pero cuando las malezas se presenten agresivas, se pueden utilizar aplicaciones localizadas de mezclas de herbicidas (Round Up y Goal, por ejemplo), lo que da mayor tiempo de control y disminuye el número de jornales. Cuando la planta alcance los 5 años , se puede comenzar el pastoreo con una especie de ganado que permita mantener las poblaciones de malezas controladas.

4.1.4.5 Control de plagas y enfermedades. Las plagas no son mucho problema en las plantaciones de teca, pero plagas potenciales se pueden presentar en el ciclo del cultivo, en especial durante los primeros años. Lo más recomendable es mantener un control preventivo de estas plagas mediante prácticas culturales: manteniendo un buen control de las malezas, eliminando hospederos que atraigan las plagas, seleccionar plantas sanas y control de las poblaciones. Si el ataque de estas plagas se agrava, hay que utilizar el control químico (Cuadro 11).

Cuadro 11. Enfermedades y plagas potenciales que pueden atacar plantaciones de teca y su control químico.

| Plaga | Nombre Común Producto | Nombre Comercial Producto | Dosis |
|--|------------------------|---------------------------|--|
| <i>Fusarium</i> spp | Oxicloruro de cobre | Cuprosan 311 Super D | 2 kg/ha |
| <i>Phomopsis</i> spp ¹ | Oxicloruro de cobre | Cuprosan 311 Super D | 2 kg/ha |
| <i>Atta</i> spp. | Malathión | Malathión 57 ec | 2 lt de producto+ 4 litros de aceite agrícola en 200 litros de agua/ha |
| <i>Hyblaea puera</i> ² | Bacillus thuringiensis | Dipel plus L | 750 cm ³ /ha |
| <i>Neochlytus cacicus</i> | Monocrotofos | Nuvacron 60 SL | 1.5 l/ha |
| <i>Phyllophaga</i> spp | Chlorpyrifos | Lorsban 4E | 2.5 Kg/ha |
| <i>Plagiohammus spenipennis</i> ³ | Bacillus thuringiensis | Dipel plus L | 750 cm ³ /ha |

¹ El principal control debe ser cultural: Reducir humedad. Quitar plantas de semillero enfermas. La poda superior, escoger plántulas que no estén bajo estrés. Bajo condiciones extremas, se aplica el fungicida.

² Aplicar cuando se encuentren 2-3 orugas/planta 3 primeros años. 5-7 cuando esté adulta.

³ Controlar especialmente durante tres primeros años. Reducir humedad. Eliminar plantas hospederas (*Vernonia patens* y *Lantana camara*).

4.1.4.6 Fertilización. No se recomienda la aplicación de fertilizante una vez establecida la plantación.

4.1.4.7 Podas. Para obtener madera de alta calidad, la labor de poda es indispensable, por ello esta actividad debe ser vista como una inversión para obtener fustes limpios sin ramificaciones. Las podas de formación se realizarán dos veces en el año dos, en el año 3, 4, 5, 6 y 10 se hará únicamente una poda, eliminando las ramas que se encuentren en los primeros 6 metros del fuste. Debe utilizarse serruchos o sierras bien afiladas y no rasgar la corteza. La poda se debe realizar inmediatamente después del período en que se producen la mayoría de hojas nuevas (Anexo 5).

4.1.4.8 Raleos. El primer raleo se realizará cuando se observe que las ramas de los árboles comienzan a competir por la luz, cuando ocurra el cierre del dosel (año 5). Se debe ralear el 50% de todos los árboles, eliminando aquellos deformes, enfermos o con nudos. El segundo raleo se lo hará en el año 12, cuando nuevamente se observe la competencia entre árboles. Luego se permitirá el aumento del área basimétrica hasta entre 20 y 22 metros cuadrados por hectárea y se hará el tercer raleo en el año 19, reduciendo el área basimétrica entre 13 y 15 metros cuadrados por hectárea (Chaves, 1991). Los rendimientos esperados fueron obtenidos de una regresión logarítmica ajustada al crecimiento promedio para plantaciones establecidas en Ecuador (Cuadro 12).

Cuadro 12. Esquema de raleo por hectárea y rendimientos esperados para la plantación de teca en El Empalme, Ecuador

| Edad (años) | Arboles remanentes | | | | Total volumen comercial/ha |
|----------------|--------------------|------------|---------------|---------------------------|-------------------------------|
| | Número/ha | Altura (m) | Diámetro (cm) | Volumen (m ³) | |
| 1 | 1111 | - | - | - | - |
| 2 | 1111 | 5.9 | 5.34 | - | - |
| 3 | 1111 | 9.5 | 9.50 | - | - |
| 4 | 1111 | 12.0 | 12.03 | - | - |
| 5 | 1111 | 14.0 | 13.99 | - | - |
| 6 | 556 | 15.6 | 17.3 | 0.11 | - |
| 7 | 556 | 17.0 | 18.9 | 0.14 | - |
| 8 | 556 | 18.1 | 20.4 | 0.18 | - |
| 9 | 556 | 19.2 | 21.7 | 0.21 | - |
| 10 | 556 | 20.1 | 22.8 | 0.25 | - |
| 11 | 556 | 20.9 | 23.9 | 0.29 | - |
| 12 | 556 | 21.7 | 24.8 | 0.32 | 62.680 |
| 13 | 361 | 22.4 | 25.67 | 0.36 | - |
| 14 | 361 | 23.0 | 26.5 | 0.39 | - |
| 15 | 361 | 23.7 | 27.2 | 0.43 | - |
| 16 | 361 | 24.2 | 27.9 | 0.46 | - |
| 17 | 361 | 24.8 | 28.6 | 0.49 | - |
| 18 | 235 | 25.3 | 29.2 | 0.53 | - |
| 19 | 235 | 25.7 | 29.8 | 0.56 | 131.37 |
| 20 | 235 | 26.2 | 30.3 | 0.59 | - |
| 21 | 235 | 26.6 | 30.9 | 0.62 | - |
| 22 | 235 | 27.0 | 31.4 | 0.65 | - |
| 23 | 235 | 27.4 | 31.9 | 0.68 | - |
| 24 | 235 | 27.8 | 32.3 | 0.71 | - |
| 25 | 235 | 28.1 | 32.8 | 0.74 | 174.73 |

Fuente: Adaptado Chaves (1991).

4.2 ESTUDIO ECONÓMICO FINANCIERO

4.2.1 Determinación de costos

Se estimaron los costos para la etapa de vivero, para el establecimiento y para el mantenimiento de cada ha y luego se consolidaron los costos para el área total (50 ha). El precio de los insumos: materiales, maquinaria y mano de obra se obtuvieron de los precios publicados por el Ministerio de Agricultura de Ecuador y de productores dedicados a la actividad forestal (Anexo 6).

4.2.1.1 Costos para la Etapa de Vivero. Para determinar los costos del vivero, se basó en la información del cronograma elaborado en la parte técnica junto con información adicional (Anexo 7).

La distribución de los costos se la dividió en dos etapas con el propósito de obtener plantas en dos épocas diferentes de la temporada lluviosa y ser más eficientes en el uso de la mano de obra al momento del trasplante y preparación del terreno. La mayor parte de los costos se distribuyó en cinco etapas: compra de semillas, preparación del medio para bolsas, traspaso de plántulas a bolsas, fertilización y control de malezas. Otros dos conceptos que también influyeron en gran parte de los costos totales fueron el valor de las inversiones y el sueldo del encargado permanente del vivero (Anexo 8).

Se calculó que se necesitaría 76 kilos de semilla para producir las 55,550 plantas que se necesitarán para las 50 ha de plantación. El precio que proporciona REMSEFOR para las procedencias Tennaserim-Trinidad y Sri-Lanka-Panamá es de \$20/kilo. Este costo representó el 13.14% del total de gastos del vivero.

Para la preparación del medio para las bolsas, se calculó que se necesitaría un volumen de sustrato total de 120 m³: 60 de tierra de bosque, 20 de arena, 20 de casulla de arroz y 20 de estiércol descompuesto. El precio de cada uno de estos materiales se los menciona en el Anexo 6. Además del costo de los materiales se incluyó el costo del transporte para movilizar los materiales desde el sitio de origen hasta el vivero, y el costo de la mano de obra para la preparación de la mezcla. Todos estos pagos representaron el 9.53% del total de costos.

El traspaso de plántulas hacia las bolsas representó el 10.86% y consistió básicamente en jornales necesarios para la labor, con una eficiencia de 2 minutos por cada planta. El control de malezas y fertilización representaron el 9.67% y 7.75%, respectivamente, del total de costos. La fertilización incluyó el valor del fertilizante 12-24-12 necesario para el total de plantas (4 gr/planta) y la mano de obra necesaria para la fertilización con una frecuencia de 2 veces por ciclo. El control de malezas incluyó los jornales necesarios para el total de plantas (0.5 minutos / planta).

Las inversiones necesarias para el vivero (Anexo 9) y el costo del encargado permanente sumaron 31.12% del total. Hay que hacer notar que alguna de la inversión puede ser

recuperable en otra etapa del proceso de producción o depreciada para un mayor número de ciclos si se decide producir plántulas para otros productores.

La inversión total sumó \$11,556.3. El costo total por planta producida en el vivero fue de \$0.208 con un total de 55,550 plantas producidas.

4.2.1.2 Costo de establecimiento. En esta etapa los mayores costos se distribuyeron en cuatro actividades e inversiones necesarias para el establecimiento de la plantación: costo de las plantas, control de plagas, acarreo y distribución de las plantas e inversiones en infraestructura y equipo.

El costo de las plantas representó el precio de cada planta producida en el vivero (\$0.208) por el número necesario de plantas por ha plantada (1,111 plantas), representado el 19.8% del total de inversión para el primer año.

El costo de control de insectos y hongos, incluyó la mano de obra necesaria y el precio del producto necesario para controlar cada uno de ellos (Ver estudio técnico: control de plagas). Por ser la teca muy susceptible a plagas (incluidas malezas) durante los primeros años de establecimiento, se presupuestó un control mensual para el caso de insectos, dos controles de hongos para la época lluviosa y desmalezados cada dos meses, durante el primer año. La suma del control de estas tres plagas representó el 37.7% de los costos durante el primer año.

Las inversiones en infraestructura y equipo (Anexo 10) representaron aproximadamente el 9% de los costos en el año de establecimiento. El valor total de las inversiones fue repartido para el número total de hectáreas (50) para obtener el valor por unidad.

Sumados todos los valores para cada una de las actividades e inversiones se obtuvo la cantidad de dinero necesaria para establecer una ha de teca, proporcionando un valor de \$ 1,113 sin incluir el costo de la tierra, incluyéndolo el valor asciende a los \$2,363 por ha plantada (Anexo 11).

4.2.2 Preparación del flujo de caja

Para determinar el flujo de caja se estimaron los ingresos y los costos por ha. En base a la tabla de crecimiento elaborada se determinó la cantidad de ingresos esperados de cuatro productos: postes de 6-7 pies, vigas de 20 pies, sacos de carbón de 33 lbs y trozas de teca para madera. Para el ingreso se utilizaron los precios promedios del mercado al momento de realizar el estudio (Anexo 12). Para el primer raleo no se consideró un ingreso por madera de teca por el bajo volumen que presentan los árboles. Para los raleos 2 y 3 se espera obtener madera de teca para construcción. En el año de la rotación final se toma como único producto la madera que será comercializada como Veneer logs (Cuadro 13).

Cuadro 13. Rendimientos e ingresos esperados para la plantación de teca (*Tectona grandis* L.f.) en El Empalme, Ecuador.

| Año | Postes | | Viga 20' | | Carbón | | Madera de Teca | | Totales \$/ha |
|-----|------------------------|------------|------------------------|------------|---------------------|------------|-------------------------------|------------|---------------|
| | Rendimiento (unidades) | Ingreso \$ | Rendimiento (unidades) | Ingreso \$ | Rendimiento (sacos) | Ingreso \$ | Rendimiento (m ³) | Ingreso \$ | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 550 | 1375 | 280 | 1120 | 1670 | 3841 | 0 | 0 | 6336 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 550 | 1375 | 138 | 552 | 2078 | 4779.4 | 62.68 | 5641.2 | 12347.57 |
| 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 19 | 560 | 1400 | 138 | 552 | 2790 | 6417 | 131.37 | 26274.7 | 34643.72 |
| 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 174.73 | 87364 | 87364 |

Los costos para el primer año fueron tomados del análisis de costo de establecimiento de la plantación descrito en el punto anterior. Para los siguientes años existe un comportamiento similar utilizando recursos únicamente para control de malezas y rondas, con el propósito de prevenir incendios, en especial en la época seca. Para ciertos años existe un comportamiento diferente por la incorporación de otras prácticas necesarias en esa etapa del cultivo, como raleos y podas de formación para obtener madera de alta calidad (Anexo 13).

En los tres primeros años se presupuestaron costos para control de hongos e insectos, estos incluyen el costo de la mano de obra y el precio del producto que se vaya a aplicar (Ver control de plagas en la parte técnica). En el año 3 y 4 se incluyó el costo de las podas que se deben realizar, eliminando crecimientos anormales, este costo incluye el valor de la mano de obra y el equipo que se necesita para esta labor.

En el año 5, donde se realizará el primer raleo, se tendrá unos costos más elevados por la contratación del motosierrista y su ayudante que realicen esta labor. Se calcularon 15 jornales para ambos. El motosierrista representa un costo más alto por jornal (Anexo 6). Para este mismo año se incluyó el costo de transformación de madera no comercial a carbón.

En los años 6-11 se tienen únicamente costos para control de malezas y rondas contra incendios. En el año 6 y 10 además se incluyen los costos de las dos últimas podas de la plantación. En el año 12 aumentan los costos debido al segundo raleo de la plantación. Se calculó 8 jornales de motosierrista y de su ayudante para esta labor. También se incluye el costo de carbonización.

En el año 19 se estimó costos para el último raleo. Se asignaron diez jornales de motosierrista y de un ayudante para llevar a cabo esta labor. En el año 25 se consideraron los costos del aprovechamiento final de la madera. Se estimaron 12 jornales del motosierrista y de su ayudante. Además se incluyó el costo del transporte de la madera.

Con los ingresos y los costos estimados se obtuvieron los flujos anuales por ha. Con estos datos se elaboró el flujo de caja consolidado para las 50 ha, multiplicando el beneficio y los costos de cada año por el área total (50 ha). Para determinar el flujo neto de todo el proyecto se estimó el costo del encargado permanente de la finca y los gastos asociados a este (luz, agua y teléfono), valores que fueron restados del valor neto de cada año, obteniendo el flujo neto para las 50 ha (Anexo 14).

4.2.3 Análisis financiero

Con base en los valores netos obtenidos del flujo de caja consolidado, se determinó algunos índices financieros, entre ellos: el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), la relación Beneficio/Costo y finalmente el Período de Recuperación del proyecto.

El Banco Central del Ecuador recomienda dos tipos de tasa de descuento para inversiones a largo plazo: 4.86% cuando la inversión proviene de los fondos del propietario y 12.2% cuando el proyecto es financiado con préstamos bancarios. En ambos casos el Valor Actual Neto (VAN) fue positivo, con valores de \$ 2,211,154 y \$ 515,913 respectivamente. Si un inversionista decidiera incursionar en la actividad, al final del proyecto tendría una cantidad de dinero que en el presente representarían \$ 2,211,154. Otras alternativas de producción agrícola-pecuarias que podrían desarrollarse en el sector muestran valores actuales netos muy inferiores a los presentados por el proyecto de teca. Como referencia, un proyecto para la instalación de una finca de mango proporciona un VAN de \$ 310,000 esto, unido a todo el cuidado, inversión e inseguridad de mercado que caracteriza este sector (CORPEI, 2002).

La Tasa Interna de Retorno (TIR) al final de los 25 años fue de 25.92%, es decir el inversionista que decida invertir en plantaciones de teca en El Empalme, al terminar el proyecto de 25 años, tendrá un 25.92% más de dinero que en la actualidad. La actividad acuícola, por ejemplo, reporta tasas de 18.45% (B2B ECUADOR, 2002).

Al terminar el proyecto, por cada dólar que se haya invertido en él se obtendrán \$4.82 de ganancia o beneficio (Relación Beneficio/Costo). Los flujos de efectivo comienzan a ser positivos a partir del año 12, cuando nuestros ingresos del segundo raleo cubren el flujo negativo arrastrado de los años anteriores (Período de Recuperación).

4.2.4 Análisis de sensibilidad

4.2.4.1 Matriz Multidimensional de Riesgo. La matriz de riesgo, muestra que el VAN del proyecto es poco sensible a cambios en los ingresos y los costos actualizados. Se obtiene un VAN negativo incluso si los costos aumentan 20% y los ingresos disminuyen a un 20%. Sin embargo, el proyecto se vuelve poco lucrativo cuando los costos aumentan 80% y los ingresos disminuyen a un 40% (Anexo 15).

4.2.4.2 Análisis de Escenarios. Se trabajó bajo tres escenarios, el esperado, el optimista y el pesimista (Anexo 16). Para el escenario esperado se utilizaron los datos del presupuesto; para el optimista y pesimista se tomaron datos de rendimiento y precio reportados por Arámbulo (2002) y Centeno (2002) respectivamente. En el caso optimista se utilizó el mayor precio del mercado mundial para madera de 25 años y se aumentó el rendimiento esperado para el año 19 en un 20% y el del año 25 se aumentó a 350 m³, además la tasa de descuento se mantuvo constante (4.86%). Para el escenario pesimista se utilizó el precio de la madera de 19 años para la cosecha final, se redujo el rendimiento

esperado para el año 19 a la mitad y el del año 25 a 100 m³, y se aumentó la tasa de descuento al 12.2%. Además se analizó el escenario esperado con el costo de la tierra incluido (Cuadro 14).

En todos los escenarios el VAN es positivo, sin embargo el escenario pesimista da un VAN varias veces menor al optimista. La TIR oscila entre 20 y 30%. El costo de la tierra afecta ligeramente al VAN y a la TIR, comparado con el escenario esperado. La relación beneficio costos es mayor que 1 en todos los casos, pero con el pesimista solo se obtiene \$1.84 de beneficio por cada dólar invertido en los 25 años que dura la rotación (Cuadro 14).

Cuadro 14. Resumen de escenarios desarrollados para el análisis de sensibilidad.

| Variables | Sin Tierra | | | Con Tierra |
|------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------|
| | Ambiente esperado | Ambiente Optimista | Ambiente Pesimista | |
| PrecioCosecha | 500 | 800 | 200 | 500 |
| RendTres ¹ | 1685435.834 | 2022523 | 1011261.5 | 1685435.83 |
| RendFinal ² | 174.73 | 250.00 | 100.00 | 174.00 |
| Costo1año | 1125.056018 | 887 | 1575.08 | 1125.06 |
| Tasa de descuento | 4.86% | 4.86% | 12.22% | 4.86% |
| Indicadores | | | | |
| ValorActualNeto | \$2,211,154.07 | \$5,450,219,19 | \$195,093.27 | \$2,205,326.21 |
| TasaInterna | 25.92% | 30.12% | 20.55% | 25.91% |
| RelB/C | 4.82 | 11.85 | 1.84 | 4.81 |

¹RendTres= Rendimiento en el tercer raleo.

²RendFinal= Rendimiento de la cosecha final

5. CONCLUSIONES

1. Por las características climáticas: alta pluviosidad, estaciones definidas de sequía y altas temperatura, la zona del Empalme presenta las condiciones necesarias para el crecimiento óptimo de una plantación de teca.
2. La zona del Empalme presenta buenas características edáficas para el establecimiento de plantaciones.
3. El costo de las plantas, el control de plagas y las inversiones representan el mayor porcentaje de los costos de establecimiento.
4. Los valores obtenidos en los indicadores financieros: TIR, VAN, Relación Beneficio/Costo y Período de Recuperación muestran que la inversión en plantaciones de teca es altamente rentable, a pesar del largo período necesario para obtener los beneficios de la inversión.
5. El VAN del proyecto es poco sensible a cambios de ingresos y costos actualizados.
6. El proyecto presenta indicadores financieros positivos; aún en casos pesimistas, donde se mezclan los peores valores de crecimiento y precios que se podrían esperar.

6. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar el estudio de factibilidad y viabilidad del proyecto bajo las condiciones de El Empalme, incluyendo un estudio completo de mercado, determinando: demanda, precios a futuro y las fuerzas competitivas de Porter para el sector.
2. Se recomienda determinar la viabilidad financiera de la inversión para el establecimiento de la plantación, así como las posibles fuentes de financiamiento para el proyecto.
3. Se recomienda realizar un estudio de impacto ambiental del proyecto, ya que las plantaciones han sido catalogadas como desequilibradoras del sistema.
4. Por las condiciones climáticas y edáficas de la zona de El Empalme se recomienda el establecimiento de plantaciones de teca.
5. En caso de mantenerse la tendencia de los precios en el mercado mundial, así como el aumento de la demanda de productos de teca, a la vez que se cuente con fuentes de financiamiento viables, se recomienda invertir en plantaciones de teca en El Empalme.

7. BIBLIOGRAFIA

Arguedas, M. 2000. Diagnóstico de problemas fitosanitarios en teca (*Tectona grandis* L.f.) en Costa Rica.(en línea). Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Consultado el 20 de noviembre del 2001. Disponible en <http://www.itcr.ac.cr/carreras/forestal/kuru.htm>.

Balooni, K. 2000. Programas de inversión en plantaciones de Teca: perspectiva desde la India.(en línea).Indian Institute of Management. Consultado el 26 de febrero del 2002. Disponible en <http://www.fao.org/DOCREP/X4565S/x4565s05.htm>

Benítez, RF; Montesinos, JL. 1988. Catálogo de cien especies forestales de Honduras: Distribución, propiedades y usos. Siguatepeque, Honduras. ESNACIFOR. 215p.

Castro, F; Raigosa, J. 2001. Crecimiento y propiedades físicas de la madera de Teca (*Tectona grandis* L.f.) de 17 años en San Joaquín de Abangares, Costa Rica. Revista Forestal Centroamericana. Julio-Sept(35):19-24.

CATIE. 1991. Plagas y enfermedades en América Central: Guía de campo. Turrialba, Costa Rica. Manual técnico No 4. 261p.

Chaves, E. 1991. Teca (*Tectona grandis* L.f.) árbol de uso múltiple en América Central. Turrialba, Costa Rica. CATIE.. 45p.

Enters, T. 2000. Terrenos, tecnología y productividad de las plantaciones de Teca en Asia Sudoriental. (en línea). Penang Malasia. Consultado el 3 de febrero del 2002. Disponible en http://www.fao.org/DOCREP/X4565/x4565e09.htm#PO_O

Geilfus, F.1994. El árbol al servicio del agricultor: manual de agroforestería para el desarrollo rural. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 657p.

Gómez, M; Reiche, C. 1996. Costos de establecimiento y manejo de plantaciones forestales y sistemas agroforestales en Costa Rica. Area de manejo y silvicultura de bosques tropicales, área de economía y sociología de la producción y la conservación. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 43p.

González, A. 1999. Respuesta de *Tectona grandis* L.f. (Teca) a 15 tratamientos pregerminativos en vivero. Escuela Nacional de Ciencias Forestales. 33-39p.

Hashim, N. 1999. *Tectona grandis* (Verbenaceae). (en línea). Consultado el 26 de febrero del 2002. Disponible en <http://www.frim.gov.my/Hladang/SPECIES/TEAK/TEAK.HTM>

Howard, AL. 1948. A manual of the timbers of the world: Their characteristics and uses. 3 ed. London, Great Britain. Macmillan y Co. LTD. 751p.

Krishnapillay, B. 2000. Silvicultura y ordenación de plantaciones de Teca. (en línea). Instituto de Investigaciones Forestales de Malasia (FRIM). Consultado el 29 de febrero del 2002. Disponible en <http://www.fao.org/DOCREP/X4565E/x4565e04.htm>

Montero, M; Ugalde, L; Kanninen, M. 2001. Relación del índice de sitio con los factores que influyen en el crecimiento de *Tectona grandis* L.f. y *Bombacopsis quinata* (Jacq.) Dugand, en Costa Rica. Revista Forestal Centroamericana. Julio-Sept (35):13-24.

Montoya, JM; Cámara, MA. 1996. La planta y el vivero forestal. Barcelona, España. Ediciones mundi prensa. 127p.

Morataya, R; Gallomay, G. 1998. Relaciones entre follaje y albura en *Tectona grandis* y *Gmelina arborea*. Revista Forestal Centroamericana. Enero-Marzo(22):21-28.

Mothes, M; Cuevas, E; Franco, W. 1991. Limitación nutricional por fósforo en plantaciones de Teca (*Tectona grandis*), en los Llanos Occidentales venezolanos.(en línea). Instituto venezolano de investigaciones científicas, Centro de Ecología, Caracas, Venezuela. Consultado el 1 de febrero del 2002. Disponible en http://www.redpav-fpolar.info.ve/fagro/v17_14/v171a190.html

Proyecto canadiense. 1997. Guía Técnica por sistema: Lindero de Teca y Plantación pura de Teca.

Rizzo, P. 2000. La teca en Ecuador. (en línea). Proyecta SICA/MAG Ecuador. Consultado el 25 de enero del 2002. Disponible en http://www.sica.gov.ec/agronegocios/Biblioteca/Ing%20Rizzo/forestacion/ecuador_forestal.htm

Somarriba, E; Beer, J; Morataya, G. 1999. Linderos de *Tectona grandis* L.f. en el trópico húmedo de Costa Rica y Panamá. Revista Forestal Centroamericana. Oct-Dic (28): 15-21.