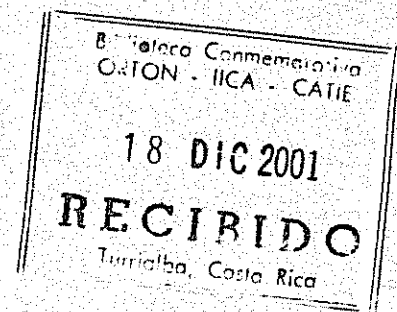


**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA**  
**PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACION**

**ESCUELA DE POSGRADUADOS**



**ANÁLISIS DE CRECIMIENTO DE PROCEDENCIAS Y RENTABILIDAD  
FINANCIERA DE *Tectona grandis* L. f.  
EN LA ZONA OESTE DEL CANAL DE PANAMÁ**

**POR**

**JOSÉ LUIS HERRERA DURÁN**

**CATIE**

Turrialba, Costa Rica  
2001

**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA**

**PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACIÓN**

**ESCUELA DE POSGRADO**

Biblioteca Conmemorativa  
IICA - CATIE  
8 DIC 2001  
**RECIBIDO**  
Turrialba, Costa Rica

**ANÁLISIS DE CRECIMIENTO DE PROCEDENCIAS Y  
RENTABILIDAD FINANCIERA DE  
*Tectona grandis* L. f.  
EN LA ZONA OESTE DEL CANAL DE PANAMÁ**

Este estudio de crecimiento y rentabilidad financiera de las procedencias de *Tectona grandis* L. f. en la zona oeste del Canal de Panamá, fue desarrollado en el marco del Programa de Enseñanza para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica, en el año 2001.

**POR**

**JOSÉ LUIS HERRERA DURÁN**

**CATIE**  
**Turrialba, Costa Rica**  
**2001**

**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA**  
**PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACIÓN**  
**ESCUELA DE POSGRADO**

**ANÁLISIS DE CRECIMIENTO DE PROCEDENCIAS Y**  
**RENTABILIDAD FINANCIERA DE**  
***Tectona grandis* L. f.**  
**EN LA ZONA OESTE DEL CANAL DE PANAMÁ**

Tesis sometida a consideración por el Comité Técnico Académico del Programa de Enseñanza de Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Para optar al grado de:

***Magíster Scientiae***  
***en***  
***Socioeconomía Ambiental***

**POR**

**JOSÉ LUIS HERRERA DURÁN**

**CATIE**  
**Turrialba, Costa Rica**  
**2001**

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

*MAGISTER SCIENTIAE*

FIRMANTES:

Mario Piedra, Ph.D.  
Consejero Principal

Gilberto Páez, Ph.D.  
Miembro Comité Consejero

Manuel Gómez, M.Sc.  
Miembro Comité Consejero

Luis Ugalde, Ph.D.  
Miembro Comité Consejero

Miguel Caballero, Ph.D.  
Miembro Comité Consejero

Ali Moslemi, Ph.D.  
Director Escuela de Posgrado

José Luis Herrera Durán  
Candidato



## **AGRADECIMIENTOS**

**A FIRA-BANCO DE MÉXICO; Institución de la cual me siento orgulloso de pertenecer a sus filas y por permitirme alcanzar uno de mis mas preciados sueños. En especial el agradecimiento al Ph.D. José de Jesús Brambila Paz que sin su apoyo no hubiera podido realizar esta meta tan importante en mi vida.**

**Al M.Sc. Ramón Burciaga Verduzco; mi más sincero agradecimiento por apoyarme en la consecución de este logro y por la confianza depositada en mi persona.**

**Al Ing. Oscar Arias; por su indiscutible preocupación y apoyo en todo momento, para que nunca me faltara nada durante el desarrollo de mis estudios; con la admiración a la calidad de su trabajo.**

**Al Ph.D. Mario Piedra; por su dedicación, amistad, enseñanzas y apoyo que siempre me demostró.**

**Al Ph.D. Miguel Caballero Deloya y familia; por ser más que un maestro, un amigo que me hizo sentir que no me encontraba fuera de casa.**

**Al Ph.D. Gilberto Páez; con aprecio, admiración y respeto a un gran maestro.**

**A mis Maestros del CATIE; por su dedicación y enseñanzas que me permitieron alcanzar este anhelo.**

**A ECOFOREST, Panamá; y en especial al Ph.D. Ted Gullison; por las facilidades prestadas para que pudiera hacer la presente investigación.**

**A la Familia Matamoros Del Cid: Amilcar, Karla y Josué Daniel; por una gran amistad, limpia, incondicional y sincera, compartiendo tantas cosas afines juntos, que seguiremos forjando siempre.**

**A mis Amigos: José Antonio Sánchez García, Rogelio Hernández Villegas; Jesús Meléndez; Isabel Venegas Gamboa; José Juan Calderón; Oscar Hernández; Martita González; Nelson González Sullow; Víctor Gómez; Judith Perla; La Familia Sabido: Wilber, Norvea y Clarissa; La Familia Villatoro: Nelson, Rosibel y Pablo José; y La Familia Martínez: Carlos, Dina, Karlita y Nicole, por su gran amistad e invaluable apoyo.**

## DEDICATORIA

**A mis Padres: José G. y Lizbeth; quienes siempre se preocuparon por mi formación y me han guiado y apoyado en lo que me he propuesto.**

**A mi Padre; quien es el motor de mi superación, mi maestro, amigo y consejero y la persona que mas he admirado en mi vida; al igual que a mi Madre; a quien quiero mucho por su dedicación, cariño, entrega y afecto que ha permanecido latente en cada instante de mi vida.**

**A mi Bella Esposa: Ivette; por su aplomo y constancia para que nunca claudicara en esta empresa que iniciamos juntos; por el amor y comprensión que me ha tenido y que agradezco a Dios por ser tan afortunado y tenerla a mi lado.**

**A mis Hermanos: Oscar, Lizbeth y Daniel; por que siempre seamos como un puño, continuando siempre unidos, luchando contra la adversidad, progresando y compartiendo cosas juntos.**

**A mi Tío Oscar Nerí Flores y familia; por creer en mí y con el más grande y especial cariño, estima y aprecio. Por sus sabios consejos y apoyo incondicional que han guiado mi vida profesional y porque siempre se han preocupado de que yo salga adelante y alcance mis metas.**

**A mi Tío Luis Herrera Haro; quien siempre ha representado para mí, un ejemplo y una imagen de respeto, presencia, don de gentes, visión e inteligencia que continuare esforzándome por seguir.**

**A mi Tío Luciano Estrada; a quien respeto y aprecio mucho y me siento muy orgulloso de aplicar y seguir muchos de sus preceptos y consejos.**

**A mi Abuelita Minita; a quien siempre llevo en mi corazón y es alguien muy entrañable para mí.**

**A la Familia Guraieb Calderón; por el aprecio y cariño a mi persona y por hacerme sentir como parte de su familia.**

# INDICE GENERAL

# PÁGINA

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1 CARACTERIZACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2 IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.3 OBJETIVOS	3
1.3.1 Objetivo General	3
1.3.2 Objetivos Particulares	3
1.4 HIPOTESIS	3
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA</b>	<b>4</b>
2.1 IMPORTANCIA Y DISTRIBUCIÓN DE LA TECA ( <i>Tectona grandis</i> ) EN EL MUNDO	4
2.1.1 Generalidades	4
2.1.2 Distribución Geográfica	4
2.1.3 Condiciones del Hábitat	4
2.1.3.1 Tipo de Bosque	4
2.1.3.2 Clima	4
2.1.3.3 Topografía y Suelos	5
2.1.4 Dendrología	5
2.1.4.1 Árboles	5
2.1.4.2 Hojas	5
2.1.4.3 Flores	6
2.1.4.4 Frutos	6
2.1.4.5 Semillas	6
2.1.5 Silvicultura	6
2.1.5.1 Regeneración Natural	6
2.1.5.2 Recolección y Procesamiento de Semilla	7
2.1.5.3 Practicas de Vivero	7
2.1.5.4 Preparación de Sitio y Plantación	8
2.1.5.5 Cultivo de Plantaciones	9
2.1.5.6 Crecimiento y Rendimiento	10
2.1.5.7 Tratamientos Silviculturales	11
2.1.5.8 Mejoramiento Genético	13
2.1.6 Enemigos	14
2.1.6.1 Plagas	14
2.1.6.2 Enfermedades	14
2.1.7 Madera	15
2.1.7.1 Características	15
2.1.7.2 Usos	15
2.2 LA ACTIVIDAD DE REFORESTACIÓN EN PANAMÁ	16
2.2.1 Generalidades y Fundamentos de la Reforestación	16
2.2.2 Bases Sostenibles de la Reforestación	18
2.2.3 Áreas Prioritarias y/o Potenciales para la Reforestación	19
<b>3. MATERIALES Y METODOS</b>	<b>23</b>
3.1 DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO	23
3.1.1 Ubicación	23
3.1.2 Características Agroecológicas	24
3.1.3 Características Sociales y Económicas	26
3.1.3.1 Área de Influencia del Proyecto	26
3.1.3.2 Actividades Productivas	26
3.2 POBLACIÓN Y DISEÑO DE MUESTREO	27
3.3 RECOLECCIÓN DE DATOS	28
3.3.1 Levantamiento de Información Preeliminar	28
3.3.1.1 Variables Biológicas	28
3.3.1.2 Variables Económicas	28

3.4	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	29
3.4.1	Evaluación Financiera y Silvícola de la Población	29
3.4.1.1	Análisis de Suelo	29
3.4.1.2	Calculo de Variables Dasonométricas	29
3.4.1.3	Proyección Financiera	30
3.4.1.4	Indicadores Financieros a Obtener	31
3.4.1.4.1	VAN	31
3.4.1.4.2	TIR	31
3.4.1.4.3	RBC	32
3.4.1.4.4	VET	32
3.4.1.4.5	Retornos de los Factores de la Producción	32
3.4.1.5	Análisis de Sensibilidad	33
3.4.2	Análisis Estadístico de la Información	34
3.4.2.1	Obtención de Estadísticos Descriptivos	34
3.4.2.2	Comparación entre Poblaciones Independientes	34
3.4.2.3	Análisis de Varianza (ANDEVA)	35
3.4.2.4	Modelo de Efectos Fijos	37
3.4.2.5	Análisis de Correlación Canónica	37
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>40</b>
4.1	Análisis de Experimentos con Procedencias	40
4.1.1	Análisis de Varianza (ANDEVA)	40
4.1.2	Análisis de Medias de Mínimos Cuadrados	42
4.2	Análisis en Parcelas Permanentes de Monitoreo (PPM)	46
4.2.1	Análisis de Varianza (ANDEVA)	46
4.2.2	Análisis de Medias de Mínimos Cuadrados	46
4.3	Análisis de Suelo	53
4.3.1	Análisis de Varianza (ANDEVA)	53
4.3.2	Análisis de Medias de Mínimos Cuadrados	54
4.4	Análisis de Correlación Canónica	58
4.4.1	Medias y Desviaciones Estándar para las Variables involucradas	58
4.4.2	Análisis de Correlación entre las Variables de un mismo conjunto	59
4.4.3	Análisis de Correlación entre las Variables de los dos conjuntos	60
4.4.4	Análisis e Interpretación de la Correlación Canónica	61
4.5	Análisis Financiero	64
4.5.1	Indicadores Financieros	66
4.6	Análisis de Sensibilidad	68
4.6.1	Análisis de Sensibilidad del Costo de Mano de Obra	68
4.6.2	Análisis de Sensibilidad del Costo Total	69
4.6.3	Análisis de Sensibilidad en base a Productividad Esperada	69
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>71</b>
<b>6.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>76</b>
<b>7.</b>	<b>LITERATURA CITADA</b>	<b>77</b>
<b>8.</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>82</b>

## INDICE DE CUADROS

<b>CUADROS</b>	<b>PÁGINA</b>
CUADRO 1. Crecimientos en Altura de <i>Tectona grandis</i> L.f. en diferentes partes del mundo	10
CUADRO 2. Rendimiento de <i>Tectona grandis</i> L.f. en diferentes partes del mundo	11
CUADRO 3. Cobertura boscosa por Provincia (1992-1998) en Panamá	16
CUADRO 4. Superficie Reforestada por Provincia en Hectáreas, en Panamá	19
CUADRO 5. Superficie Reforestada por Especie/Año, en Hectáreas en Panamá	19
CUADRO 6. Clasificación por Zonas de Vida según el Potencial de Reforestación en Panamá	20
CUADRO 7. Áreas Prioritarias para la Reforestación en Panamá	21
CUADRO 8. Uso Actual de la Tierra en la Zona Oeste del Canal de Panamá	25
CUADRO 9. Medias de Mínimos Cuadrados para los Experimentos de Procedencias	42
CUADRO 10. Medias de Mínimos Cuadrados para los Experimentos de Procedencias por Pendiente	43
CUADRO 11. Medias de Mínimos Cuadrados para Parcelas Permanentes de Monitoreo (PPM)	46
CUADRO 12. Medias de Mínimos Cuadrados para Parcelas Permanentes de Monitoreo por Pendiente	48
CUADRO 13. Medias de Mínimos Cuadrados para Parcelas Permanentes de Monitoreo en 3 diferentes Pendientes	50
CUADRO 14. Guía de Interpretación de Análisis de Suelo	55
CUADRO 15. Interpretación de Análisis de Suelo por Procedencia de Teca	56
CUADRO 16. Interpretación de Análisis de Suelo por Pendiente	57
CUADRO 17. Medias y Desviaciones Estándar para Variables de Suelo y de Plantación de Teca	58

<b>CUADRO 18.</b> Correlaciones entre Variables de Plantación de Teca ( $R_{xx}$ )	59
<b>CUADRO 19.</b> Correlaciones entre Variables de Suelo ( $R_{yy}$ )	60
<b>CUADRO 20.</b> Correlación entre Variables de Plantación de Teca y de Suelo ( $R_{xy}$ )	61
<b>CUADRO 21.</b> Determinación del Coeficiente de Correlación ( $r$ )	61
<b>CUADRO 22.</b> Prueba de Hipótesis y Determinación del Valor de F	62
<b>CUADRO 23.</b> Coeficientes Canónicos Estandarizados	62
<b>CUADRO 24.</b> Principales Indicadores Financieros obtenidos en el presente estudio.	67

## INDICE DE GRAFICOS

<b>GRAFICOS</b>	<b>PÁGINA</b>
GRAFICO 1. Análisis de Procedencias por Pendiente para la Variable Altura	44
GRAFICO 2. Análisis de Procedencias por Pendiente para las Variables DAP e IMADAP	44
GRAFICO 3. Análisis de Procedencias por Pendiente para las Variables Volumen e IMAVOL	45
GRAFICO 4. Análisis de Procedencias por Pendiente para la Variable Índice de Sitio	45
GRAFICO 5. Análisis de Procedencias en Parcelas Permanentes de monitoreo para Variables: Altura, DAP, Área Basal y Volumen	47
GRAFICO 6. Análisis de Procedencias en Parcelas Permanentes de monitoreo para Variables: Índice de Sitio, IMADAP, IMAVOL, e IMAALT.	48
GRAFICO 7. Análisis de Procedencias en Parcelas Permanentes de monitoreo por Pendiente para Variables: Altura, DAP, Área Basal y Volumen	49
GRAFICO 8. Análisis de Procedencias en Parcelas Permanentes de monitoreo por Pendiente Para Variables: Índice de Sitio, IMADAP, IMAVOL, e IMAALT	49
GRAFICO 9. Análisis de Procedencias por Pendiente para la Variable Altura	51
GRAFICO 10. Análisis de Procedencias por Pendiente para las Variables DAP y Área Basal	51
GRAFICO 11. Análisis de Procedencias por Pendiente para Índice de Sitio y Volumen	52
GRAFICO 12. Análisis de Procedencias por Pendiente para Incrementos Medios Anuales	52

## INDICE DE FIGURAS

<i>FIGURAS</i>	<i>PÁGINA</i>
FIGURA 1. Mapa del Área del Proyecto	24
FIGURA 2. Diseño Estadístico planteado por ECOFOREST	27
FIGURA 3. Análisis de Correlación Canónica planteado para este estudio	39
FIGURA 4. Análisis de Correlación Canónica	63



## **INDICE DE ANEXOS**

### **ANEXOS**

#### **ANEXO 1.**

**Análisis de Varianza para los Experimentos de Procedencias**

#### **ANEXO 2.**

**Análisis de Experimentos de Procedencia por Pendiente**

#### **ANEXO 3.**

**Análisis de Experimento 1 (3X3)**

#### **ANEXO 4.**

**Análisis de Experimento 2 (3X4)**

#### **ANEXO 5.**

**Análisis de Experimento 3 (3X5)**

#### **ANEXO 6.**

**Análisis de Varianza para Parcelas Permanentes de Monitoreo**

#### **ANEXO 7.**

**Análisis de Varianza para Análisis de Suelo**

#### **ANEXO 8.**

**Análisis de Suelo por Procedencia y Pendiente**

#### **ANEXO 9.**

**Interpretación del Análisis de Suelo por Procedencia y Pendiente**

#### **ANEXO 10.**

**Proyección Financiera de la Plantación de Teca bajo estudio**

#### **ANEXO 11.**

**Análisis de Sensibilidad a partir de Incrementos en Costos de Mano de Obra**

#### **ANEXO 12.**

**Análisis de Sensibilidad a partir de Incrementos en Costos Totales**

#### **ANEXO 13.**

**Análisis de Sensibilidad en base a Productividad Esperada**

#### **ANEXO 14.**

**Estadísticos Descriptivos (a nivel general) de las Procedencias**

#### **ANEXO 15.**

**Estadísticos Descriptivos por cada Procedencia**

**HERRERA DURÁN, J.L. 2001. Análisis de Crecimiento de Procedencias y Rentabilidad Financiera de *Tectona grandis*, L.f. en la Zona Oeste del Canal de Panamá. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 85 p.**

**Palabras Claves:** Procedencias, *Tectona grandis* L.f., Experimentos, Diseño de Bloques Completos al Azar, Modelo de Efectos Fijos, Correlación Canónica, Análisis de Suelo, Análisis Financiero, Análisis de Sensibilidad, Rentabilidad.

## RESUMEN

La superficie total del territorio de la República de Panamá es de 7'551,690 hectáreas, de las cuales, actualmente solo el 40.4% mantiene su cobertura boscosa (Hurtado,1999). Como consecuencia de la creciente tasa de deforestación (50 mil hectáreas/año), el Estado Panameño consideró necesario la creación de una legislación para incentivar, promover y fomentar la actividad de reforestación en Panamá, para lo cual fue promulgada la Ley 24 del 23 de noviembre de 1992 y el Decreto Ejecutivo 89 del 8 de junio de 1993 (INRENARE 1993).

A partir de 1999, la empresa ECOFOREST inicia un proyecto forestal de gran impacto social y ambiental en la zona oeste del Canal de Panamá, a través del establecimiento de plantaciones forestales de Teca (*Tectona grandis* L.f.). Para eficientar su producción, ECOFOREST busca definir cual es la procedencia de teca que mejor adaptación y desempeño tiene de tres que comenzó a manejar, y de acuerdo a las condiciones ambientales locales. A través del presente estudio, basado en un análisis financiero y silvícola se pretende determinar cual es la procedencia competitivamente viable y rentable, que contribuya a la mejor toma de decisiones de ECOFOREST en sus estrategias productivas en esa zona.

En el área conocida como "Las Pavas" (975 ha); se establecieron 18 lotes de plantaciones de teca (*Tectona grandis* L.f.) con 3 procedencias diferentes en cada una; Carta Vieja, Trinidad y Tobago y Tanzania. Para la observación, monitoreo y análisis de datos de la plantación; ECOFOREST estableció aleatoriamente 72 parcelas en esos 16 lotes. En 3 de los 16 lotes (L5, L14 y L16) se realizaron 3 experimentos bajo un Diseño de Bloques Completamente al Azar con tres tratamientos repetidos. Los arreglos en los bloques fueron, en el primer experimento de 3x5 (3 procedencias o tratamientos y 5 repeticiones) en una topografía casi plana (8%); en el segundo experimento de 3x4 (3 procedencias o tratamientos y 4 repeticiones), en una topografía de 12% de pendiente; y en el tercer experimento de 3x3 (3 procedencias o tratamientos y 3 repeticiones) en una topografía de 25% de pendiente.

Por otro lado, para evaluar el desempeño de las procedencias en las otras parcelas establecidas en el área de las Pavas, en diferentes tipos de suelo y topografía; en las cuales no existía un diseño estadístico establecido, se desarrollo un Modelo de Efectos Fijos y un Análisis de Correlación Canónica para trabajar con las otras 36 parcelas, conocidas por ECOFOREST como PPM (parcelas de monitoreo permanente).

Mediante información financiera proporcionada por la empresa se realizo la proyección financiera de la plantación de teca a un turno estimado de 25 años determinándose los principales indicadores financieros: TIR, VAN, VET, RBC y los Retornos de los Factores de la Producción; además se realizo un análisis de sensibilidad para determinar los valores críticos en los indicadores de rentabilidad en base a variaciones en el costo total, costo de mano de obra y la productividad en la plantación.

#### **En cuanto a los resultados del Análisis de Crecimiento de Procedencias:**

A través de medias de mínimos cuadrados, se determino en el análisis de experimentos, que entre las tres procedencias, la de mejor desempeño fue Tanzania, seguida por Carta Vieja y Trinidad, respectivamente; así mismo en el análisis por pendiente, se pudo apreciar que los mejores desempeños en cuanto a variables silvícolas estudiadas, se lograron a pendientes bajas y que a mayor pendiente (25%), es la procedencia de Carta Vieja que tiene el mejor comportamiento sobre las demás; y la que mejor se comporta a menores pendientes (8 y 12%) es Tanzania.

En cuanto a las PPM, a través del análisis de medias de mínimos cuadrados se determino que en la comparación entre las dos procedencias (Carta Vieja y Trinidad), no hubo —en general— diferencias en cuanto al desempeño de las dos procedencias de acuerdo a las variables silvícolas estudiadas; así mismo en el análisis por pendiente, el mayor desempeño de las procedencias se obtuvo en pendientes con un rango de 11-21%; así mismo, en base a este análisis, la procedencia de Carta Vieja fue la que mejor desempeño tuvo en pendientes mayores a 21%; y Trinidad en los rangos de pendiente de 0-11% y de 11-21%.

De acuerdo al análisis de suelo, las dos procedencias bajo estudio (Carta Vieja y Trinidad), están ubicadas en parcelas o terrenos con PH ácidos, con niveles fuertes de Al, Fe y Materia Orgánica; niveles aceptables de Ca, Mg, K, Zn, Mn y Cu; y niveles bajos de P. En cuanto a sus relaciones cationicas; la relación Ca/Mg presenta un desbalance; lo cual significa que para que alcance un balance la relación, será necesario aumentar la cantidad de Ca en el suelo; y en cuanto a las otras tres relaciones restantes: Mg/K, (Ca+Mg)/k, y Ca/K, estas también presentan desbalances; esto, dado que los niveles de Potasio (K) son muy bajos, por lo que para que exista un balance es necesario aumentar los niveles de este elemento en el suelo.

#### **En cuanto a los resultados del Análisis Financiero:**

En el presente análisis empleando una tasa real del 6%; el VAN fue de \$8'342,419 US Dlls; la TIR fue del 12%; la RB/C fue de 2.3; y el VET fue de \$2'350,386 US Dlls. El retorno de la mano de obra, fue de \$16.22 US Dlls; el retorno de la Tierra, fue de \$8,556 US Dlls; y el retorno del Capital, fue de 12%.

En cuanto al análisis de sensibilidad, a partir de variaciones porcentuales del 20% en el Costo de la Mano de Obra empleada de la empresa (que representa el 38% de los costos totales de la empresa), y manteniendo los demás costos sin variar; se determino que la empresa alcanza su valor crítico, hasta un aumento del 340% y deja de tener un desempeño holgado en su manejo administrativo y financiero, a partir de un aumento del 130% en los costos por mano de obra, ya que a ese nivel la mano de obra ya no genera ganancias a la empresa, y solo cubre sus salarios. Por otro lado, a partir de variaciones porcentuales del 5% en los Costos Totales de la empresa, se puede apreciar que la empresa alcanza su valor crítico, hasta un aumento del 20% y comienza a tener problemas financieros, a partir de un aumento del 18% en los costos totales; ya que a ese nivel la mano de obra ya no genera ganancias a la empresa, sino que simplemente cubre sus salarios y cargas sociales. Así mismo a partir de variaciones porcentuales del 20% (incrementos y decrementos) en la productividad esperada de plantación, tomando como base la proyección financiera de la empresa, hecha en el presente estudio; puede apreciarse que al realizarse un incremento del 20%, la empresa tiene un aumento significativo en la TIR del 13.35%, un VAN de \$11'282,576 US Dlls y una RBC cercana a 3, por lo que esto la hace todavía muy rentable. Al realizarse una simulación con un decremento en 20%, la empresa obtiene una TIR de 10.34%, un VAN de \$5'402,261 US Dlls, y una RBC de 1.85; por lo que a pesar de esta reducción productiva el proyecto de plantación de teca es considerado todavía rentable.

**HERRERA DURÁN, J.L. 2001. Growth Provenance Analysis and Financial Profitability of *Tectona grandis*, L.f. in the West Zone of the Panamá Canal. Thesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 85 p.**

**Key words:** Provenance, *Tectona grandis* L.f., Experiments, Randomized, Complete Block Design, Fixed Effects Model, Canonical Correlation, Soil Analysis, Financial Analysis, Sensitivity Analysis, Profitability.

## SUMMARY

The total surface of the territory of the Republic of Panamá is of 7,551.690 hectares, presently only 40,4% is forested (Hurtado, 1999). As a result of the increasing rate of deforestation (50 thousand hectares / year), the Panamanian State considered the creation of a legislation necessary to stimulate, promote and foment the reforestation activity in Panama. As a result, it promulgated Law 24 of the 23 of November, 1992 and the Executive Decree 89 of the 8 of June, 1993 (INRENARE 1993).

As of 1999, ECOFOREST company initiated a forest project of great social and environmental impact in the west zone of the Panamá Canal, through the establishment of teak (*Tectona grandis* L.f) plantations. In order to increase its efficiency in production, ECOFOREST seeks to define the teak provenance with best adaptation and performance of the three which it began to handle, according to the local environmental conditions. The present study, based on a financial and silvicultural analysis attempts to determine which is the most competitively and profitably viable provenance, that best contributes to the decision making by ECOFOREST in its productive strategies in that zone.

Within the "Las Pavas" (975 hectares) area, 18 plots were established with 3 different provenances in each one, Carta Vieja, Trinidad and Tobago and Tanzania. For the observation, monitoring and data analysis of the plantation. ECOFOREST randomly established 72 parcels in those 18 plots (L5, L14 and L16). Three experiments were conducted under a Randomized Complete Block Design. The block arrangements were, for the first experiment a 3x5 (3 origins or treatments and 5 repetitions) in an almost flat topography (8 %); for the second experiment a 3x4 (3 origins or treatments and 4 repetitions), with 12 % slope; and for the third experiment a 3x3 (3 origins or treatments and 3 repetitions) with 25 % slope.

In order, to evaluate the performance of the provenances in the other parcels established in the "Las Pavas" area, in different types of soil and topography, and in which an established statistical design did not exist, a Fixed Effects Model and a Canonical Correlation Analysis was developed to work with the other 36 parcels, known by ECOFOREST as PPM (permanent monitoring parcels).

Based on financial information provided by the company, a financial projection of the teak plantation was calculated on turn of 25 years. The main financial indicators: IRR, NPV, SEV, BCR and the Production Factors Returns were determined. Additionally a Sensitivity Analysis to determine the critical values of the profitability indicators based on the variations in the total cost, forework cost and the productivity in the plantation was calculated.

### **Results of the Growth Provenance Analysis:**

Based on a minimum square averages analysis, it was determined through the experimental analysis, that of the three provenances, the one of better performance was Tanzania, followed by Carta Vieja and Trinidad. In the slope analysis, it was determined that the best overall performances with respect to silvicultural variables studied, were obtained in reduced slopes and with greater slope (25%) the Carta Vieja provenance had the best response, and the provenance that showed the best response in reduced slopes (8 and 12%) is Tanzania.

Within the PPM, through the minimums square averages analysis, it was determined that no -general- differences existed in the performance between the two provenance (Carta Vieja and Trinidad) with respect to the silvicultural variables studied. In the slope analysis, the best performance by the provenances was obtained in slopes with a range of 11-21%; also, on the basis of this analysis, the Carta Vieja provenance had the best performance on slopes greater than 21%; and Trinidad in slope range of 0-11% and 11-21%.

According to the soil analysis, the two provenances under study (Carta Vieja and Trinidad), were located in parcels with acidic pH; strong levels of Al, Fe and Organic Matter; acceptable levels of Ca, Mg, K, Zn, Mn and Cu; and low levels of P. As for the cationic relations; the Ca/Mg relation presents a disbalance; which means that in order for the relation to reach a balance, it will be necessary to increase the amount of Ca in the soil; the three remaining relations: Mg/K, (Ca+Mg)/k, and Ca/K, also present disbalances; this is because, the Potassium levels (K) are very low, and in order a balance to exist it is necessary to increase the levels of this element in the soil.

### **Results of the Financial Analysis:**

In the analysis using a real rate of 6 %; the NPV was \$8'342,419 US Dlls; the IRR was 12 %; the BCR was 2.3; and the SEV was \$2'350,386 US Dlls. The workforce return, was \$16.22 US Dlls; the soil return, was \$8,556 US Dlls; and the capital return, was 12 %.

As for the sensitivity analysis, based on percentage variations of 20 % in the workforce cost used by the company (which represents 38 % of the total costs of the company), and keeping the other costs fixed; it was determined that the company reaches its critical value, up to an increase of 340 %. The company starts showing administrative and financial instability, from an increase of 130 % in the workforce cost, since at this level the workforce already does not generate earnings for the company, and only it covers its wages. On the other hand, from percentage variations of 5 % in the Total Costs of the company; the company may reach its critical value, up to an increase of 20 % and begins to have financial problems, from an increase of 18 % in the total costs; since at this level the workforce already does not generate earnings to the company, but simply covers its wages and social charges.

Likewise from percentage variations of 20% (increase and decrease) in the productivity expected from the teak plantation, using the financial projection as the basis, done in the present study; it can be seen that with an increase of 20%, the company has a significant increase of 13.35% in the IRR; a NPV of \$11'282,576 US Dlls and a BCR of about 3, still makes it very profitable. A simulation conducted with a decrease in 20%, which showed that the company obtained an IRR of 10.34%, a NPV of \$5,402.261 US Dlls, and a BCR of 1.85, which demonstrates that despite of the reduction in productivity, the teak plantation project is still considered profitable.

## 1. INTRODUCCION

La actividad forestal representa un importante baluarte, en el desarrollo económico y social de los países de América Tropical, no solo por las economías externas que genera y la mano de obra que se emplea; sino por la importante función de los bosques en la regulación de ecosistemas y los beneficios ambientales que este genera (Captura de CO<sub>2</sub>, Recreación, Biodiversidad, Belleza Escénica, etc.).

Sin embargo actualmente existe una fuerte presión sobre el recurso forestal, originados por la necesidad subsistencia y la falta de empleos a nuevas generaciones en las comunidades poseedoras del bosque, que originan problemas ecológicos por la tala inmoderada y el deterioro del recurso forestal por el cambio de uso del suelo a el establecimiento de actividades agrícolas y ganaderas marginales e incipientes.

Este tipo de situaciones, motivan a buscar alternativas productivas-sostenibles y rentables, como son el establecimiento de plantaciones forestales; en ese lid, ECOFOREST, desarrolla un proyecto forestal de gran impacto social y ambiental en la Cuenca del Canal de Panamá, a través del establecimiento de plantaciones forestales de Teca (*Tectona grandis L.f*); que por sus características idóneas, tales como: turnos-cortos, calidad de madera y por su valor en el mercado – entre otras – representa una de las opciones más rentables y viables, no solo en esta zona, sino en toda la región de América Tropical.

Para eficientar su producción, ECOFOREST busca utilizar la procedencia más y mejor adaptada de tres que maneja a las condiciones ambientales locales de la zona de la cuenca del canal de Panamá. Por lo que a través del presente estudio, basado en un análisis financiero y silvícola se pretende obtener información valiosa que determine cual es la procedencia más viable y rentable, y que contribuya a la toma de decisiones de ECOFOREST en el establecimiento de las plantaciones de esta especie, con un mayor impacto económico y social en la región.

### 1.1 CARACTERIZACIÓN DEL PROBLEMA

El aprovechamiento basado en bosques tropicales naturales, con una subutilización del potencial forestal; genera una fuerte presión de otras actividades para cambiar el uso de suelo en Panamá (Tuomasjukka, 1996).

Ningún país desarrollado sustenta el abastecimiento de su industria forestal con el aprovechamiento exclusivo de su recurso natural, es decir, en la mayoría se refuerzan con sus plantaciones forestales (FIRA, 1996); esto no solo por el beneficio económico implícito que se genera, sino porque toda la sociedad se beneficia en su conjunto (calidad de agua y ambiente, protección de cuencas y empleo); lo que redundo en una mejor calidad de vida.

Dado que la conservación y el uso sostenible de los recursos forestales es vital para el desarrollo del sector forestal de Panamá; el establecimiento de plantaciones forestales representa una actividad viable y rentable para la economía agropecuaria y forestal de ese país.

La Teca (*Tectona grandis L.f*) es una de las maderas multipropósitos de mas valor en el mundo (Stearns, 1990); originaria de Birmania, esta fue introducida a Panamá en 1926 proveniente de Sri Lanka y establecida en los jardines de Summit (Keogh, 1975), de donde se propago con muy buenos resultados en todo el país.

Sin embargo, ante el desconocimiento actual y la necesidad de establecer procedencias de Teca (*Tectona grandis L.f*) mejor adaptados a las diferentes regiones geográficas de Panamá; representa una estrategia de producción sostenible determinar y

caracterizar la procedencia económicamente competitiva y comparativamente superior en desempeño a otras procedencias en la zona oeste del canal de Panamá.

## 1.2 IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

Durante los años 90, la tasa de deforestación en las regiones tropicales fue muy elevada, estimándose en 15.2 millones de has al año (FAO, 2001); esto, en América Tropical debido principalmente a la falta de integración de la economía forestal al desarrollo rural, que ha conducido a que los bosques sean explotados sin un criterio de recurso renovable y de forma sustentable; y que las políticas de desarrollo agropecuario han tendido a remplazar el bosque por usos agrícolas y ganaderos. (PROCAFOR, 1990).

La presión sobre el recurso forestal, los problemas ecológicos originados por el cambio en el uso de suelo, la necesidad de generar empleos en el campo y de asegurar el abasto de materia prima forestal; motivan a buscar actividades alternativas rentables como son el establecimiento de plantaciones forestales (FIRA, 1996).

Por otro lado, las plantaciones forestales en sus diferentes fines, ya sea para producción de madera industrial, producción de leña, protección de áreas seleccionadas, recuperación de tierras degradadas, o el fortalecimiento de prácticas agroforestales, contribuyen a contrarrestar el efecto de invernadero, sirviendo como mecanismos de captación de CO<sub>2</sub> y aliviando la presión sobre los bosques naturales, preservándolos como depósitos de carbono (Centeno, 1992).

En Panamá, la ley 24 del 23 de noviembre de 1992, establece incentivos y se reglamenta la actividad de reforestación en ese país y el decreto 89 del 29 de junio de 1993 establece un espectro de incentivos fiscales que van desde la exención del impuesto sobre la renta de utilidades derivadas de la comercialización de productos extraídos de las plantaciones forestales y prestamos para inversiones forestales; deducibilidad del 100% en las inversiones forestales directas e indirectas; exoneración de impuestos relacionados con las importaciones de bienes necesarios para la reforestación; facilidades de financiamiento a través de créditos preferenciales; visa de inmigrante a extranjeros que inviertan en plantaciones forestales y certificados de abono tributario (CAT) por exportaciones de productos que provengan de áreas reforestadas.

En 1998, y en ese fin la ARI (Autoridad de la región interoceánica) en busca de disminuir la erosión, proteger la biodiversidad, crear fuentes de empleo y con ello una mejor calidad de vida para las poblaciones rurales aledañas al Canal de Panamá, otorgo mediante licitación pública la concesión de 7370 has en su sector oeste para la reforestación de tipo comercial a la empresa privada ECOFOREST, S.A. por un periodo de 40 años; como beneficiaria, inicio un proyecto de reforestación y conservación de las tierras del margen oeste del canal de Panamá con plantaciones comerciales de teca (*Tectona grandis L.f*); sin embargo aproximadamente 50% del área se encuentra cubierta por bosque nativo en diferentes grados de degradación y el 50% restante se encuentra deforestado o invadido por paja blanca (*Saccharum spontaneum*) (ECOFOREST, 2001).

Para enero del 2001, ECOFOREST tiene plantadas alrededor de 975 ha de tres procedencias de teca (*Tectona grandis L.f*) con una edad de aproximadamente de 2 años en terrenos donde controla la paja blanca (*Saccharum spontaneum*) constantemente; por lo que el presente estudio considera de gran importancia determinar cual es la procedencia de teca (*Tectona grandis L.f*) económicamente rentable y que mejor se adapta a la zona oeste del Canal de Panamá. La información que se obtenga no solo servirá de apoyo a la toma de decisiones de ECOFOREST, sino de cualquier productor que tenga interés en establecer plantaciones forestales en dicha zona.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el crecimiento inicial de las procedencias de *Tectona grandis L.f* de acuerdo a las condiciones biofísicas de la zona oeste del Canal de Panamá, para el diseño de estrategias de productividad sostenibles.

### 1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Proyectar en base a las tasas de crecimiento iniciales y al uso de tablas de rendimiento, así como a la estimación del costo de producción por hectárea, la rentabilidad financiera de las procedencias de *Tectona grandis L.f* en la zona oeste del Canal de Panamá.
- Determinar el efecto de los factores biofísicos (topografía y tipo de suelo), en las tasas de crecimiento inicial de las tres Procedencias de *Tectona grandis L.f*, en la zona oeste del Canal de Panamá.

## 1.4 HIPÓTESIS

- Dentro de la zona oeste del Canal de Panamá, la procedencia originaria de Panamá (Carta Vieja) es económica y biológicamente mejor a las otras 2 procedencias bajo análisis.
- Los factores biofísicos como son topografía y tipo de suelo, son los que mayor influencia tienen en el crecimiento de la teca (*Tectona grandis L.f*) en la zona oeste del Canal de Panamá.
- Por su adaptabilidad y desempeño, la teca (*Tectona grandis L.f*) es una especie económicamente viable y promisoría para su establecimiento en la zona oeste del canal de Panamá.



## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 Importancia y distribución de la Teca en el mundo.

#### 2.1.1 Generalidades

*Tectona grandis* L.f. es una especie de la familia *verbenaceae*. Se conoce con los nombres comunes de: teak (India, Siam, Birmania, Indonesia y países de habla inglesa); may sak (Laos); teck y giati (Vietnam); ojati (Java); teca (Países de habla española); teck (Francia); saca, sag y sagwan (sánscrito y en lenguas derivadas del mismo); sag (arábigo y persa); mahрати (indú); teka (tamil y otras lenguas drávidicas) (Betancourt 1987).

#### 2.1.2 Distribución Geográfica

El área de distribución natural de la *Tectona grandis* L.f. comprende la India y Birmania (Betancourt 1987); sin embargo Fors (1938) menciona que esta se extiende a Siam, Java, Filipinas y el archipiélago Malayo. Haig y otros (1959) aseveran que alcanza también a Tailandia, Laos, Camboya e Indonesia. Letourneaux (1957), así como Little y otros (1967) aseguran que la teca ha sido introducida y se ha naturalizado en Java y en Filipinas.

#### 2.1.3 Condiciones del Hábitat

##### 2.1.3.1 Tipo de Bosque

*Tectona grandis* L.f. forma parte, en su área de distribución natural, de los bosques tropicales mixtos deciduos; aunque también se encuentra en los semideciduos, mezclada con especies siempre verdes (Betancourt 1987). En Birmania, es componente del techo superior de copas y se halla asociada, entre otras especies con *Gmelina arborea*, *Terminalia tomentosa*, *Pterocarpus macrocarpus* Kurz. Y bambúes de los géneros *Bambusa*, *Dendrocalamus* y otros; en la India, aparece asociada, comúnmente, con *Gmelina arborea*, *Terminalia tomentosa*, *Dalbergia latifolia* Roxb., *Xylia xylocarpa* Taub., y *Lagerstroemia* spp; y en Tailandia, con *Pterocarpus macrocarpus* Kurz., *Terminalia tomentosa* Wight. y Arn., *Adina cordifolia* Benth y Hook.f.; *Homalium tomentosum* Benth., *Vitex* spp., *Sterculia* spp., *Lagerstroemia* spp. y otras (Haig y otros, 1959).

La teca forma en promedio el 12 por ciento de las masas en crecimiento en Birmania y el 50 por ciento o mas de algunos rodales en la India (Haig y otros, 1959). La teca es heliofila, solo admite alguna sombra lateral cuando las plantas son jóvenes (Betancourt, 1987).

##### 2.1.3.2 Clima

Haig y otros (1959) informan que esta especie logra su máximo desarrollo y tamaño en climas tropicales cálidos y húmedos, con precipitaciones pluviales de 1270 mm a 3800 mm; aunque pueden existir sitios donde las lluvias no pasan de 760 mm y en los que alcanzan mas de 5000 mmm anuales. En cuanto a temperatura, Haig y otros (1959) mencionan que la teca se puede desarrollar en lugares donde la temperaturas mínimas bajen hasta 1,7°C y en los que las máximas alcancen 46°C. Sobre los requisitos de humedad atmosférica, existen marcadas variaciones entre las diferentes procedencias de la especie. Las procedencias de Birmania y del norte de Tailandia

requieren que la humedad atmosférica, durante la estación seca, no sea inferior a 60%; mientras que las de regiones secas de la India, toleran que la humedad descienda hasta 30% (Haig y otros, 1959).

Las tecas que se cultivan en Cuba, proceden de semilla traída de Trinidad (Fors, 1932), en cuya isla fue introducida la especie desde Birmania, en 1913 (Fors, 1932; Bell, 1973). En Cuba, el promedio anual de las precipitaciones es de 1368mm; el promedio de las temperaturas medias, 25,5 C; el de las máximas mas altas, 322,3 C y el de las mínimas mas bajas, 17,7 C (Betancourt, 1987). El promedio anual de la humedad relativa, en Cuba, es 79% (Nuñez Jimenez, 1959).

### 2.1.3.3 Topografía y suelos

Haig y otros (1959) mencionan que *Tectona Grandis Lf* se encuentra en su área de distribución natural desde el nivel del mar hasta 885m de altitud.

En cuanto a suelos, Haig y otros (1959) informan que "La teca se establece en una gran variedad de suelos y de formaciones geológicas. En tanto el suelo posea suficiente profundidad y fertilidad y cuente con humedad y avenamiento adecuados, el desarrollo de la teca será igualmente satisfactorio en aluvión o en suelos derivados de areniscas, arcilla pizarrosa, granito, esquisto o gneis y en suelos tanto calizo como no calizos. No soporta las inundaciones o el encharcamiento, y por eso no se desarrolla bien en suelos arcillosos rígidos. Por tal razón, casi todos los bosques de teca se hallan situados en un terreno ondulado o montañoso."

Raets (1965) menciona que "La teca, que puede crecer en suelos de distintos orígenes geológicos, no impone determinadas condiciones de suelos en cuanto a su composición química, salvo una cierta cantidad de fósforo. La especie es sensible, sin embargo, en relación con su constitución física: exige suelos bien aireados, frescos, no demasiados." En Cuba, esta especie se ha plantado, comúnmente, en suelos fértiles y su desarrollo ha sido bueno (Betancourt, 1987).

## 2.1.4 Dendrologia

### 2.1.4.1 Árboles

Los árboles de *Tectona grandis L.f* son de fuste recto y elevado. En los bosques del área natural de la especie, los árboles dominantes miden entre 25m y 30m de altura y 55cm a 80cm de diámetro; pero se han localizado árboles de mayores dimensiones, con fuste limpios de ramas hasta una altura de 30m y perímetros comprendidos entre 4,5m y 6m (de 1,43m a 1,91m de d.a.p) (Haig y otros, 1959). El tronco forma, frecuentemente, pequeños contrafuertes en la base. Las ramas tiernas, cortadas de manera transversal, presentan una sección más bien cuadrangular. La corteza es en su parte exterior de color castaño claro, escamosa y agrietada y en su interior de coloración blanquecina; tiene un grueso de 1cm a 1,5cm (Betancourt, 1987).

### 2.1.4.2 Hojas

Las hojas de *Tectona grandis L.f* son opuestas, ovales, verticiladas en plantas jóvenes, de color verde oscuro en la luz, verde claro y tomentosas en el envés, consistentes y ásperas al tacto; miden, comúnmente, entre 40cm y 50cm de largo y 20cm a 25cm de ancho, pero en las plantas jóvenes algunas de ellas son de mayor tamaño. Las hojas caen durante los meses de enero y febrero y el nuevo follaje a parece con las primeras lluvias de primavera. En lugares húmedos se demora más su caída; a veces, no se produce hasta principios de marzo. El follaje tierno posee un color rojizo que desaparece poco a poco (Betancourt, 1987).

#### 2.1.4.3 Flores

La inflorescencia de *Tectona grandis* L.f. es en panículas terminales, erectas y ramificadas, de 40cm a 50cm de largo y más o menos igual ancho. Flores de coloración blanquecina, pequeñas y numerosas. Cáliz de color gris, finamente pubescente, con 6 lóbulos, en forma de campana; corola blanco-cremosa, en forma de embudo, con un tubo corto y 6 lóbulos extendidos; estambres 6, insertos en el tubo de la corola; ovario tetralocular. Flores hermafroditas. La época de floración es, normalmente, de junio a agosto, pero en ciertas ocasiones o lugares, se inicia desde mayo y en otras se prolonga hasta septiembre (Betancourt, 1987).

#### 2.1.4.4 Frutos

Los frutos de *Tectona grandis* L.f. son drupas pequeñas de color castaño claro y forma esférica, como del tamaño de una avellana, tetraloculares; están envueltos en un cáliz membranoso y persistente, en semejante a una vejiguilla, plegada irregularmente; miden de 2cm a 3cm de diámetro (Betancourt, 1987). La época de maduración de los frutos en Birmania y la India, según Haig y otros (1959), se extiende desde noviembre hasta enero y caen a fines de abril. En Cuba, la época de recolección de los frutos se extiende desde diciembre hasta abril (Betancourt, 1987).

#### 2.1.4.5 Semillas

Las semillas de la *Tectona grandis* L.f. son pequeñas oleaginosas, de 5mm a 6mm de largo. Los frutos contienen desde 1 hasta 4 semillas, pero en la práctica cada fruto se considera como una semilla. Entre 1 100 y 1 500 frutos ("semillas") bien secos pesan 1kg. Existen diferencias en cuanto al tamaño y peso de las semillas de diferentes procedencias (Betancourt, 1987). Tulstrup (1956) menciona que entre 1250 y 1760 frutos (semillas) secos de las procedencias de Birmania o de Java pesan 1kg; mientras que para igual unidad de peso se requieren entre 1980 y 3100 frutos de las procedencias de las provincias centrales de la India. Análisis realizados en el Centro de Investigación Forestal (CIF) de La Habana, Cuba, dieron como promedio 1375 semillas/kg (Betancourt, 1987).

### 2.1.5 Silvicultura

#### 2.1.5.1 Regeneración Natural

Según Haig y otros (1959) los bosques del Norte de Birmania, cuyos árboles alcanzan grandes dimensiones, se caracterizan por la falta de regeneración natural; pero se puede provocar una abundante regeneración abriendo la cubierta del suelo, aclarando completamente el sotobosque y practicando quemas. Los experimentos realizados en los países donde la teca es especie indígena, demuestran que se reproduce, abundantemente, en las masas naturales demostradas para cultivo taungya; cuando la regeneración es diferente reponen los claros que quedan con pies que plantan artificialmente.

En Birmania, efectúan cortas a hecho y quemas completas, siempre que en la masa existan árboles portagranos; en Tailandia, practican un método que consiste en realizar la explotación mediante cortas de entresaca y de mejora; en Indonesia, confían, preferentemente, en los métodos artificiales de regeneración. En Cuba, sólo en muy contadas ocasiones, se han observado algunos brinzales que han nacido en terrenos arados junto a árboles productores de semilla. La teca emite abundantes renuevos de cepa, cuando se talan árboles jóvenes (Betancourt, 1987).

#### 2.1.5.2 Recolección y procesamiento de la semilla

Los frutos (semillas) de teca se recogen, comúnmente, bajo los árboles. Por lo general, los frutos caen al ser movidas las ramas de los árboles por el viento; pero, a veces, es necesario tumbarlos con garfios o varas, o bien sacudiendo las ramas portadoras de las infrutescencias. La época de recolección de las semillas, en Cuba, comprende los meses de diciembre a abril (Betancourt, 1987).

Las semillas bien secas se envasan en sacos, que se colocan en lugares secos y bien ventilados. En Cuba, se almacena a temperatura ambiente, procedimiento éste que es el que comúnmente se sigue en otros países (Betancourt, 1987); sin embargo Tulstrup (1956) menciona que quizás el almacenamiento seco y frío sea el mejor; que estas semillas se conservan bien durante varios años y que la germinación de la semilla de 1 año, es con frecuencia, mejor que la de la semilla fresca. En Cuba, se ha comprobado que almacenada a temperatura ambiente, en lugares frescos, conserva aceptable capacidad germinativa (Betancourt, 1987).

El porcentaje de germinación, si las semillas no son muy viejas y están bien conservadas, oscila entre 70% y 80%, normalmente, pero a veces es mayor. Ensayos realizados en Cuba han obtenido, como promedio 82.7% (Betancourt, 1987).

#### 2.1.5.3 Prácticas de Vivero

Se ha observado en Cuba que el porcentaje de germinación de *Tectona grandis* L.f es muy bajo durante los meses de invierno (diciembre a marzo), debido a la falta de calor solar que recibe el suelo durante esa temporada (Betancourt, 1987). Letourneaux (1957), menciona que es necesaria una elevada temperatura para la germinación de estas semillas.

Betancourt (1987), recomienda someter las semillas de esta especie a tratamientos pregerminativos antes de sembrarlas; si no se tratan, la germinación es muy errátil. Parry (1957) menciona que en los tratamientos pregerminativos, el mejor procedimiento consiste en extender los frutos formando una espesa capa sobre el semillero y regarlos copiosamente sin sombra ni abrigo, dejando que la semilla se seque al sol entre un riego y otro. Cuando la germinación empieza es conveniente "asombrar" ligeramente. Tulstrup (1956) recomienda como tratamiento pregerminativo, remojar las semillas en agua durante 2 a 3 días, alternando el remojo con el secado al sol y otros 2 o 3 días de remojo. En Cuba se utiliza el mismo procedimiento, pero después del último remojo, se les expone al sol de 2 a 3 días antes de sembrarlas en los almácigos (Betancourt, 1987).

Es recomendable que las semillas se siembren en los almácigos entre unos 3 a 4 cm de separación, en surquitos separados entre sí de 15 a 20 cm, y se cubren con 1 cm de tierra, aproximadamente. Los almácigos se deben regar en las últimas horas de la tarde y permitir que reciban sol intenso durante el día. Después de que las plantas alcanzan cierto desarrollo, los riegos se deben disminuir para que las raíces se vuelvan muy turgentes. Varios días antes de arrancarlas se dejan de regar a fin de "endurecerlas" y el día anterior al del arranque se riegan, intensivamente, para ablandar el terreno y facilitar el desprendimiento de las raíces (Betancourt, 1987).

Las plantas de teca se cultivan en los viveros entre unos 10 m a 12 m. El diámetro de estas para ser utilizadas en la preparación de tocones (stumps) debe ser de 1.5 cm a 2 cm, a lo sumo de 2.5 cm. Los tocones se preparan cortando el tallo de la planta, aproximadamente 2 cm por encima del cuello y la raíz primaria, con y entre 20 y 25 cm de largo; se les deben podar algo a las raíces si son muy largas (Betancourt, 1987).

Para proteger las raíces de la desecación, se rebozan con barro sumergiéndolas en una solución espesa de tierra arcillosa. También se puede utilizar el compuesto químico Agricol. Los tocones se agrupan en paquetes, se cubren con musgo o hierba seca, se atan bien y se colocan en un lugar fresco y sombreado (Betancourt, 1987).

En el caso de que, por tener que transportarlos a lugares lejanos o por cualquier otra causa, haya que demorar la plantación, es necesario mojar diariamente los atados para que los tocones y la hierba que los protege se mantengan húmedos. Si están bien empaquetados y son tratados adecuadamente, se pueden conservar sin sufrir deterioro durante varios días (Betancourt, 1987).

#### 2.1.5.4 Preparación del Sitio y Plantación

En términos generales, la preparación del sitio es la que normalmente se lleva a cabo para efectuar plantaciones puras a campo abierto de otras especies: desbroce y quema de la maleza; aradura total o en fajas, en sitios llanos; araduras en fajas, a curvas de nivel, en terrenos ondulados; terrazas u hoyos de plantación en lugares de topografías abrupta; hoyos en lugares con abundantes afloramientos rocosos o en tumbas de monte. La remoción del suelo, mediante aradura o apertura de terrazas u hoyos debe ser profunda, de no menos de 25cm (Betancourt, 1987).

La preparación del lugar de plantación se debe realizar en la estación de la seca, a fin de que el terreno este listo para plantar, al iniciarse la temporada de lluviosa, en mayo o junio (Betancourt, 1987). Fors (1967) recomienda hacer una buena quema en el área destinada a la plantación a finales de abril, para plantar al establecerse las lluvias.

Comúnmente, las plantaciones de *Tectona grandis* son puras, así se han plantado en Cuba y en casi todos los países donde se cultiva (Betancourt, 1987). No obstante, Fors (1967) menciona que "La asociación a la teca de especies maderables de valor, es asunto que se debe investigar." Raets (1965) informa que en Indonesia (donde existen los más extensos bosques artificiales de teca del mundo) aclaran las plantaciones a una mediana edad y se entreplanta otra especie que se cosecha junto con la teca al final del turno. Václav y Skoupy (1973) mencionan que en Bangladesh las plantaciones de teca son normalmente puras, pero que también se mezcla con otra especie. Para formar el sotobosque es recomendable plantar dentro de los plantíos de teca leguminosas fijadoras del nitrógeno, tales como *Leucaena leucocephala* (*L. glauca*), *Acacia spp.*, etc. (Betancourt, 1987); Raets (1965) recomienda la *Crotalaria spp.*, además de *L. Leucocephala* y *Acacia spp.*

Los espaciamientos usados para plantar la teca, varían desde 1.8 m x 1.8m hasta 5m x 5m. En Trinidad, la distancia de plantación que más se aplica es 6ft x 6 ft (1,83m x 1,83m) (Betancourt, 1987); en Bangladesh (Václav y Skoupy, 1973) mencionan que se planta a 1.8m x 1.8m para que a los 3 años o 4 años de edad se cierren las copas; y en Java, plantan, generalmente, a 2m x 2m y a 3m x 3m. Raets (1965) informa de un experimento realizado en Java, utilizando espaciamientos desde 1m x 1m hasta 3m x 3m, en el cual los mejores resultados fueron los de las parcelas plantadas a 2m x 2m; y 3m x 3m. De acuerdo a Betancourt (1987), en Cuba, se ha plantado a 2m x 2m; 2,5m x 2,5m y 3m x 3m; la mejor distancia de plantación parece ser la de 3m x 3m.

La teca se debe plantar, solamente, cuando haya buena humedad en el suelo. Los tocones (stumps) se colocan en posición vertical; la extremidad superior debe quedar entre 2cm y 3cm sobre el nivel del suelo; se rodean las raíces del toconcillo con tierra fina, la cual se comprime con las manos. Si hay oportunidad, es recomendable hacer algún arropamiento con hierba seca u otros materiales junto al toconcillo recién plantado. El arropamiento contribuye, en gran medida, a conservar la humedad en el

suelo, la cual es indispensable para lograr el prendimiento de la planta (Betancourt, 1987).

En Indonesia y en otros países tropicales de Asia se practica mucho el sistema taungya, cultivado dentro de los plantíos de teca, especies agrícolas durante el primero o los 2 primeros años (Raets, 1965). En Trinidad, Moore (1966) menciona que dentro de las plantaciones de teca, los cultivadores de la taungya cultivan bananeras durante 3 años, además de los cultivos alimenticios normales. Raets (1965) informa que en Barinitas, Venezuela, se ha sembrado maíz entre las tecas recién plantadas y que este método no solamente redujo el número de limpiezas, sino que también favoreció un mejor desarrollo de los arbolitos.

Betancourt (1987) menciona que en Cuba, se ha practicado con éxito el sistema taungya en plantaciones de teca hechas en suelos fértiles de las proximidades del pueblo de Martí, provincia de Matanzas. Entre las tecas recién plantadas, se sembró maíz en la primavera y frijoles en el mes de septiembre, después de recolectar la cosecha de maíz. Los campos se mantuvieron limpios, sin competencia de plantas indeseables; ambas cosechas, la de maíz y la de frijoles, fueron excelentes y las tecas desarrollaron muy bien; se beneficiaron con los cultivos agrícolas intercalados. Betancourt (1987), menciona también que, podría ser recomendable plantar esta valiosa especie forestal mediante otros procedimientos agrosilvícolas, como pudieran ser las plantaciones lineales en límites de campos de cultivos agrícolas o de pastizales, junto a guardarrayas, etc.

La siembra directa de semillas en los campos, es un procedimiento de reforestación que se practica en algunos países; principalmente en Java, donde las lluvias son muy abundantes. Allí aprovechan el bosque mediante cortas totales, derribando con aparejos la mayor parte de los árboles para trocearlos en el suelo y contribuir a la remoción del terreno; extraen toda la madera, queman la broza, remueven el suelo y siembran 4 o 5 semillas de teca en cada hoyo (Raets, 1965). En otros países el método de siembra directa de semillas en los campos, no ha sido muy prometedor; en Bangladesh, Václav y Skoupy (1973) mencionan que se utiliza en raras ocasiones, la siembra directa de semillas, prefieren utilizar tocones de vivero. En la India, Parry, (1957), menciona que se practica la siembra directa en algunas partes, pero la germinación suele ser demasiado incierta. En Trinidad Flinta, (1960) y Fors, (1967) mencionan que se ha ensayado la siembra directa de semilla, pero se prefiere la plantación de tocones. En Barinitas, Venezuela, la siembra directa de semilla en el campo no tuvo éxito a causa de negligencia en las operaciones de limpieza (Raets, 1965). En Cuba, no se ha experimentado con este método; quizás de buenos resultados en lugares montañosos, donde el suelo se mantenga con buen grado de humedad durante la estación de lluvias, tales como la región del Escambray o las montañas de Sagua-Baracoa (Betancourt, 1987).

#### 2.1.5.5 Cultivo de plantaciones

Betancourt (1987) menciona que es necesario reponer en la misma estación de lluvias las fallas que se produzcan en las plantaciones. Si en algunas plantas se desarrollan tallos gemelos, se deben suprimir los más defectuosos, dejando en pie el mejor tallo de cada planta.

Las plantaciones de teca requieren frecuentes operaciones de limpieza durante los 2 o 3 primeros años, esta especie es muy fotófila y se perjudica, notablemente, con la competencia, tanto radical como aérea, de las malas hierbas (Betancourt, 1987). Raets (1965), informa que en Venezuela, las insuficientes atenciones de limpieza a una plantación de teca causaron la opresión de los arbolitos por la maleza y la deformación

de gran parte de ellos, perjudicándose seriamente su desarrollo. En Cuba, se ha observado que las plantas competitivas perjudican, notablemente, el desarrollo de las plantaciones jóvenes de esta especie (Betancourt, 1987).

#### 2.1.5.6 Crecimiento y Rendimiento

El crecimiento de los árboles de *Tectona grandis* es bastante rápido durante los primeros años, principalmente, en altura; luego va disminuyendo y pasados los 50 años es muy lento. Por supuesto que se producen diferencias en el desarrollo de la masa forestal, según varíen las condiciones del medio, el espaciamiento, las atenciones de cultivo y los tratamientos silviculturales que reciba la plantación (Betancourt, 1987).

De acuerdo a Chaves (1991), se ha demostrado que existen varias similitudes en el crecimiento en altura de teca, en la Región del Caribe, América Central, Colombia y Venezuela.

Como puede apreciarse en el cuadro 1; la teca (*Tectona grandis*, L.f.) muestra y desarrolla buenos crecimientos en climas cálidos, diferenciándose aún más de acuerdo a la calidad de sitio.

Altura (Metros)	Henao, 1982. Colombia	Betancourt, 1987. Cuba	Raets, 1965. Java, Indonesia		Miller, 1969. Trinidad y Tobago			Nunifu y Murchison 1998. Ghana	Proyecto Madeña El Salvador 1997		Proyecto Madeña Costa Rica 1997		
			2x2m*	3x3m*	CS1	CS2	CS3		Sitio Medio	Sitio Alto	Sitio Bajo	Sitio Medio	Sitio Alto
Años													
1	-	1.70	2.50	1.75	-	-	-	-	-	-	0.50	-	-
2	-	3.90	6.25	6.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	6.10	10.00	8.50	7.5	6.5	4.9	-	-	-	4.40	6.40	7.80
4	-	8.20	12.25	10.75	10.4	8.8	7.3	6.72	-	7.2	-	8.20	-
5	13.47	9.80	14.00	12.75	12.3	10.0	8.3	-	7.7	8.6	8.0	-	-
6	-	-	14.75	13.75	14.2	11.3	9.2	-	9.1	-	-	11.60	15.20
7	-	-	16.50	16.00	15.6	12.5	9.8	-	10.4	-	-	-	17.70
8	-	-	17.50	17.00	-	-	-	11.54	11.7	12.7	11.40	14.70	-
9	-	-	17.75	18.50	17.0	14.4	10.3	-	12.8	-	13.30	-	-
10	18.09	16.70	18.25	19.25	-	-	-	-	-	17.1	-	15.60	-
11	-	-	19.30	19.52	-	-	-	-	-	-	-	17.30	-
12	-	-	-	-	19.7	15.6	12.3	14.66	-	-	-	18.90	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.40	-
15	19.96	-	-	-	-	-	-	-	18.3	-	18.70	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	16.90	-	-	-	-	-
18	-	-	-	-	21.1	17.9	14.5	-	-	-	-	-	-
20	20.97	-	-	-	-	-	-	18.63	-	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-	-	-	20.02	25.6	-	-	-	-
25	21.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Notas: \*Marco Real. CS1=Calidad de Sitio 1=Índice de Sitio 19; CS2=Calidad de Sitio 2=Índice de Sitio 14; CS3=Calidad de Sitio 3=Índice de Sitio 10. Sitio Bajo= IMA<1.5m; Sitio Medio= IMA entre 1.5 y 2.5m; Sitio Alto = IMA>2.5m.

Wadsworth (1960) menciona que en 30 plantaciones de teca establecidas en diferentes países de América tropical (Puerto Rico, Santa Lucía, Trinidad, Belice, Honduras, Guatemala, Nicaragua, Costa Rica y Panamá), cuyos espaciamientos variaron desde 1.5m x 1.5m hasta 8m x 8m. En las parcelas plantadas con mucha densidad, los crecimientos en altura fueron mayores; pero en casi todos los lugares fue necesario realizar aclareos tempranos.

Haig y otros (1959) mencionan que "La velocidad de desarrollo de la teca es muy rápida en sus primeras fases, si no está sumergida y cuenta con amplio espacio lateral. En la mayoría de las estaciones, el primer año suele alcanzar una altura de 60 cm, creciendo su vigor en el segundo año, en el que puede llegar a 2.5m o 3m de altura. El crecimiento es aún más rápido en el tercer año, y en éste comienzan a formarse las ramas laterales. El tronco es recto, ordinario y libre de ramas laterales. Cuando proceden

de cepa, el crecimiento es aun más rápido y alcanza muchas veces una altura de varios pies al terminar el primer año”.

Betancourt (1987), Chaves (1991) y Nunifu (1998); coinciden en que los estudios sobre tablas de rendimiento en *Tectona grandis L.f.* son muy escasos; y que es de gran valía que se realicen mas trabajos sobre este aspecto.

De acuerdo a Henao (1982), una tabla de rendimiento confiable es la ayuda más valiosa de que se pueda disponer para hacer toda clase de cálculos económicos en plantaciones de una especie determinada, dado que proporciona información para predecir lo que ocurrirá si se aplica un sistema de manejo específico; esto permite comparar distintos sistemas de manejo desde una perspectiva económica.

Como puede apreciarse en el cuadro 2; las tablas de rendimiento son de gran apoyo y utilidad para conocer cual ha sido el rendimiento o el desarrollo de una plantación en ciertas zonas o áreas (Prodan, 1997); que para el caso de la *Tectona grandis L.f.* a continuación se presentan algunos ejemplos en diferentes países:

Volumen Total (m <sup>3</sup> /ha)	Henao, 1982. Colombia	Nunifu y Murchison, 1998. Ghana	Miller, 1969. Trinidad y Tobago			Oviedo, 1997. Costa Rica		
			CS1	CS2	CS3	IS Bajo	IS Medio	IS Alto
Años								
3	-	-	18	-	-	-	-	-
4	-	12.62	-	22	-	5.1	9.6	23.6
5	102.70	-	-	-	27	-	-	-
6	-	-	-	-	-	36.2	-	112.5
7	-	-	89	-	-	-	-	-
8	-	64.39	-	-	-	-	90.4	182.3
9	-	-	-	89	-	-	-	-
10	152.17	-	-	-	-	59.2	136.7	-
12	-	132.56	156	-	85	-	-	297.7
14	-	-	-	-	-	118.8	-	-
15	173.48	-	-	-	-	-	-	-
16	-	203.87	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	156	-	-	-	-
18	-	-	223	-	-	-	295.6	404.4
20	185.23	273.49	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	138	-	-	-
24	-	339.71	-	-	-	224.2	390.9	-
25	192.65	-	298	214	-	-	-	-
30	197.77	-	-	-	188	-	461.5	-
32	-	460.57	-	-	-	285.6	-	551.4

Notas: CS1=Calidad de Sitio 1=Índice de Sitio 19; CS2=Calidad de Sitio 2=Índice de Sitio 14; CS3=Calidad de Sitio 3=Índice de Sitio 10. Índice de Sitio (IS) Bajo= 15. Índice de Sitio (IS) Medio= 18; Índice de Sitio (IS) Alto = 21.

#### 2.1.5.7 Tratamientos Silviculturales

Raets (1965), menciona que en la India efectúan el primer aclareo en las plantaciones de teca cuando estas tienen 7 años, dejando en pie entre 1,000 y 1,500 árboles/ha; el segundo raleo a los 12 años, permaneciendo sin talar entre 500 y 800 árboles/ha; el tercero a los 20 años, quedando de 250 a 450 árboles/ha; el cuarto a los 30 años, manteniéndose en pie de 160 a 280 árboles/ha; el quinto y ultimo a los 40 años, quedando en pie entre 120 y 200 árboles/ha. No sé aclarea mas hasta la corta final, que se realiza a los 80 años. Desde los 40 años, la población mantiene la misma densidad hasta la corta definitiva. El primer aclareo es sistemático y consiste en talar una línea de cada 2 en diagonal; los siguientes son selectivos. Después de realizar el segundo raleo, se eligen y se marcan los 120 o 200 mejores árboles por hectárea, tan bien distribuidos sobre el terreno como sea posible. Estos árboles constituirán la población definitiva.



Tariel (1966) informa que, en Costa de Marfil se realiza el primer aclareo en las plantaciones de teca a los 7 años, dejando en pie entre 1100 y 1300 árboles/ha, el segundo raleo a los 12 años, quedando de 600 a 800 árboles/ha; el tercero a los 20 años, manteniendo entre 350 y 500 árboles/ha; el cuarto a los 30 años, dejando de 250 a 350 árboles/ha. El número y la intensidad de los aclareos después de los 30 años, no ha sido precisado aún. La corta final se hace alrededor de los 80 años y debe contener entre 150 y 200 árboles/ha.

Sarlin (1966) opina que para la elección de la fecha en que se debe realizar el primer aclareo en las plantaciones de teca, no hay una regla general aplicable en todos los casos, pero si varias pruebas cuyo empleo simultaneo puede dar al experto el máximo de seguridad en la operación. Las principales son: el estudio de los anillos de crecimiento anual y la medición de la iluminación relativa dentro de la plantación de teca. Se ha observado que, mientras el árbol crece cada año en altura y aumenta su diámetro y volumen, pero llega el momento en que las exigencias de la población igualan o superan a las posibilidades de la estación y comienza a disminuir el anillo de crecimiento, primero lenta y después rápidamente. El raleo se debe realizar cuando se inicia la disminución del espesor del anillo, o algo antes (Betancourt, 1987).

De acuerdo a Sarlin (1966), la iluminación relativa de menos de 10%, también es indicio de que se puede realizar el raleo; pero, como medida de seguridad y control, no se puede ralear sino cuando la iluminación es inferior al 6%, lo que corresponde a una sombra de 5°, menos 100 lx. Son también índices de la necesidad de los aclareos; la desaparición de algunas manchas de gramíneas que pudieran existir dentro de las plantaciones de teca, el inicio del "descenso de copas" y la emisión de brotes leñosos, en forma de chupones en el fuste del árbol.

En cuanto a las podas, Raets (1965) menciona que para que la teca pueda ser destinada a la elaboración de chapas, los árboles no deben tener nudos, por lo menos a partir de 6 cm a 7 cm del centro hacia fuera. Por ese motivo se deberán podar los árboles, si fuera posible, antes de que el diámetro sea mayor de 10 cm; la teca soporta bien ese tratamiento. La poda se efectúa al caer las hojas (enero-febrero), empleando las normas siguientes:

- 1) Se podan solamente los árboles prometedores y no aquellos de mala forma, ni los que tengan una altura inferior a los 2/3 de la altura de los árboles mayores de la población, los cuales han de considerarse como suprimidos;
- 2) El largo de la copa no debe exceder a la mitad de la altura total del árbol;
- 3) No se corta más de 1/3 del ramaje a la vez;
- 4) Se podan únicamente las ramas que el árbol no puede eliminar por sí mismo.

Briscoe y Nobles (1969) informan sobre un estudio realizado en Islas Vírgenes, con el objeto de determinar el efecto de la poda sobre los árboles de teca. Los árboles se podaron con sierra hasta 30% o 40% de su altura total. La ramificación adventicia que surgió después de la poda, según chequeo efectuado 4 meses después de podar, arrojó que emitieron ramas adventicias 43% de los árboles podados en febrero, 26% de los podados en mayo y solo 8% de los podados en agosto; y que la emisión de ramas adventicias, es mayor en los bordes de las parcelas que en el interior de éstas.

Betancourt (1987), menciona que como el tratamiento de la poda es algo costoso, solo es aconsejable realizarlo en los individuos mas prometedores, que habrán de quedar en las plantaciones de teca después de los aclareos, no más de 200 árboles/ha.

#### 2.1.5.8 Mejoramiento Genético

Mergen (1955), Larsen (1956) y Wright (1964); han insistido en la importancia de la propagación vegetativa, para el mejoramiento de los árboles forestales; e informan acerca de experimentos realizados para la multiplicación asexual de la teca.

Keiding y Boonkird (1960), obtuvieron buenos resultados en Tailandia al establecer un huerto clonal de tecas, empleando el injerto de escudete de la siguiente forma; "Sobre el patrón se practican dos incisiones verticales formando arco en punta. La lengüeta de corteza que resulta se levanta por el punto donde ambas incisiones se unen, dejando al aire el cambium del patrón. Una placa rectangular de corteza con una yema del árbol seleccionado se coloca sobre el cambium expuesto y se cubre con la lengüeta de corteza del patrón apretándola bien. Se cubre la unión con un trozo rectangular de hoja de palma que se liga fuertemente al patrón de abajo a arriba. Finalmente se da sombra al injerto con algunas hojas grandes que se fijan al patrón por encima de la unión. El injerto terminado se deja durante una semana o más, antes de abrirlo. Después de ese tiempo, el escudete y generalmente la lengüeta misma que la cubre, han crecido en el patrón. Al abrirse, se corta la lengüeta dejando al aire el escudete. Algún tiempo después de abrirse, cuando el callo se ha endurecido y existe la seguridad de que la yema está todavía viva, se recepa el patrón. El tiempo total entre la inserción del escudete y la brotación del injerto es, pues, de unas tres semanas. Se hace pronto evidente que la formación del callo en los patrones es muy activa; se observa como el escudete se solda después de solo cuatro días desde el momento de su inserción. De un promedio de 11 clones, el 80% de los injertos prenden y empiezan a brotar antes de un mes. Algunos injertos crecen 25 cm en tres semanas desde el momento de la brotación".

Fors (1967), recomienda que la reproducción asexual de la teca debe ser a través de estacas; sugiriendo cortar las estacas cuando los árboles se encuentren sin hojas y en la estación invernal. Expone también, que es necesario que las estacas no se siembren inmediatamente después de cortadas; deben conservarse durante 4 a 7 días envueltas en sacos húmedos y al abrigo del sol y las corrientes de aire. Después deben sembrarse en un tanque de arena silíceo, que tenga si es posible, una exposición sur para aprovechar bien el calor del sol, y este resguardada de corrientes de aire. Muy pronto las estacas forman un callus en el corte e inmediatamente después comienzan a echar raíces. Asimismo, aconseja que las estacas de teca, deben permanecer en el lugar donde emiten sus raíces hasta el próximo periodo de reposo, o sea un año.

Betancourt (1987), menciona que en Cuba, el Centro de Investigación Forestal Cubano ha desarrollado algunos estudios de mejoramiento genético de teca; ya que desde 1967, se seleccionaron y acondicionaron masas o rodales semilleros en Martí (Matanzas); Ranchuelo (Villa Clara) y en Falla y Baraguá (Ciego de Ávila). También se tienen estudios de 6 diferentes procedencias de la India y Birmania, que fueron introducidas a Cuba desde hace 50 años.

## 2.1.6 Enemigos

### 2.1.6.1 Plagas

Haig y otros (1959) mencionan que la teca se halla, relativamente libre de plagas de insectos y de enfermedades criptogámicas graves. En ocasiones, se producen ataques de las orugas de *Hyblaea puera* (Cram.), *Pyrausta machaelaris* Walker y *Paliga spp.*, insectos defoliadores y esqueletizadores. Según Atkinson (1936), la plaga de mayor importancia la constituye la larva de *Doumitus ceramicus*, que perfora orificios semejantes a los alvéolos de una colmena en los árboles en pie; sin embargo en América Tropical esta plaga no ha sido reportada (Betancourt 1987).

Hochmut y Manso (1971) informan que, en Cuba, el comejen (*Neoterme castaneus*, Burm) ha atacado árboles semilleros de teca, y que el insecto polífago *Atta unsularis* Guér; bibijagua, causa daños en plantíos jóvenes, en los lugares donde la población de la plaga es elevada.

Fors (1938 y 1965), menciona que las termitas pueden destruir la albura de la madera de teca, pero que el corazón no es normalmente atacado por esos insectos y que los pilotes de los muelles son destruidos por el *Teredo navalis* L., si no se cubren con planchas de latón o de cobre. Bruner y otros (1975), reportan que la teca es dañada por los insectos *Apate monachus* (F.), *Aphis gossypii* Glover, *Myzus (Nectarosiphon) persicae* (Sulz.) y *Bruchidae sp.* Hernández y Mellado (1977), informan que la madera seca de esta especie es dañada por el cerambícido *Stenodontes chevrolati* Gahan.

### 2.1.6.2 Enfermedades

Parry (1957) informa que en la teca han sido detectadas varias enfermedades criptogámicas, no graves; salvo en estaciones pobres o parajes muy húmedos. Hocking y Jaffer (1968) informan que en Tanzania, una enfermedad denominada "el mal vinoso de la raíz" afecta las pequeñas plantas de teca en los viveros, y algunas veces, algunos árboles en las plantaciones; se estima que el agente patógeno es el hongo *Helicobasidium compactum* Boedijn. Torres y Silverborg (1972), mencionan que en Barinitas, Venezuela; se ha producido la muerte de algunos árboles de teca, a causa de la infección producida por el hongo *Ustulina deusta* Fr; el cual ataca la base del tronco de los árboles y pudre la madera; sin embargo la madera seca es resistente a la acción de este hongo.

Betancourt (1987), menciona que en Cuba, no se han detectado enfermedades de importancia que afecten a los árboles de teca; sin embargo, se han encontrado en la madera, primordialmente en la albura, a los hongos *Polyporus licnoides* Mont; *Pogonomyces hydnoides* (Sw.) Murr; *Auricularia mesenterica* Pers; *Auricularia aurícula* (L.) ex Underw; *Schizophyllum commune* (Fr.) Fr; *Fomes sp*; *Trametes sp.* y *Stereum sp.*, los cuales no son patógenos de importancia.

## 2.1.7 Madera

### 2.1.7.1 Características

*Tectona grandis* produce una de las maderas más valiosas y apreciadas del mundo, a causa de sus excelentes cualidades y múltiples aplicaciones. El duramen, que desde temprana edad ocupa la mayor parte del tronco, es de color amarillo dorado e los árboles recién cortados, luego se torna a castaño dorado o color oliva, vetado con franjas oscuras; la albura es blanquecina o amarillo crema, en algunos árboles, castaño claro. Esta madera contiene cierto aceite aromático, que le da un olor peculiar; es untosa al tacto (Betancourt 1987).

De acuerdo a Fours (1965), el peso de la madera de teca varía entre 600 y 700 kg/m<sup>3</sup> (0.6 gr/cm<sup>3</sup> a 0.7 gr/cm<sup>3</sup>); Ibáñez y otros (1978) informan que esta madera tiene una densidad de 0.55 gr/cm<sup>3</sup> a 0.69 gr/cm<sup>3</sup> y que puede llegar hasta 0.80 gr/cm<sup>3</sup>; que es apta para el hendido, aserrado, cepillado, moldulado y clavado; y mantiene buena estabilidad después de ejecutadas estas operaciones. Little y otros (1967) mencionan que su peso es 0.55 gr/cm<sup>3</sup>.

La madera de esta especie es mas bien blanda, fácil de trabajar, muy resistente y elástica y adquiere buen pulimento; el grano es comúnmente recto y la textura fina y uniforme; una vez seca, no se tuerce, agrieta, ni altera; en contacto con el hierro (clavos, tornillos, etc.) no provoca ninguna alteración en este, ni en sus propios tejidos; es muy estable a cambios de temperatura y humedad, característica que la hace superior a cualquier otra madera, para usos en los cuales sea necesario alterar la sequedad y humedad, como son las cubiertas de barcos. Esta madera es extremadamente durable (Betancourt 1987). Fors (1938) menciona al respecto, que en la India se han encontrado piezas de teca bien conservadas en construcciones antiguas de mas de 1000 años de edad.

### 2.1.7.2 Usos

La madera de teca tiene numerosas aplicaciones. Se emplea en toda clase de construcciones navales y rurales, ebanistería, artesanía, carpintería en general, decorado interior y exterior, carrocería, puentes y toda clase de obras que requieran madera de excelente calidad (Betancourt 1987). Fors (1938) asevera que puede considerarse como una de las más preciosas maderas, principalmente en los trópicos; es una madera que reúne el mayor número de buenas cualidades, por cuya razón es superior a otras maderas e insustituible para determinados usos. En la India ha venido empleándose por más de 2000 años, y en el Golfo Pérsico existen aldeas enteras construidas con esta madera.

Los árboles de teca, producto del aclareo de plantaciones, también son bastante durables y tienen múltiples usos como artesanías, postes de cerca, postes de tapado, casa rusticas, timones de arado, etc. (Betancourt 1987).

El tinte rojizo que producen las hojas de la teca, se emplea en Malabar para teñir seda y algodón. Las flores son apreciadas por las abejas, aunque como melífera es una especie mas bien pobre; y en algunos lugares de la India se extrae el aceite de la madera de teca para usos medicinales (Betancourt 1987). Roig (1974), menciona que las flores tienen propiedades diuréticas y que el leño es sudorífico.

## 2.2 La Actividad de Reforestación en Panamá

### 2.2.1 Generalidades y Fundamentos de la Reforestación

La superficie total del territorio de la República de Panamá es de 7'551,690 hectáreas, de las cuales actualmente solo el 40.4% mantienen su cobertura boscosa (Hurtado, 1999).

Este proceso paulatino de disminución en la cobertura boscosa no manifiesta un cambio o conversión de un estratégico recurso existente, en nuevas y mejores actividades productivas, sino por el contrario, experimenta una significativa desvaloración de la riqueza natural del país, mediante la eliminación del bosque para sustituirlo por una condición de inercia y destrucción en contradicción con el principio del mejor costo alternativo (Galloway, 1997).

En las últimas décadas, en Panamá a consecuencia de la agricultura migratoria de rozas y quemas (donde se observan que cada vez más, periodos cortos de barbecho o de descanso y periodos de cultivos más prolongados); el pastoreo de ganado extensivo e indiscriminado; los incendios y la erosión han causado el deterioro de grandes extensiones de terrenos, para convertirlos en tierras semi-abandonadas y/o degradadas (Ramírez, 1999). Según estimaciones de la ANAM (1999), mediante el uso inapropiado de la tierra en Panamá ya existen aproximadamente dos millones de hectáreas con diferentes grados de degradación (Hurtado, 1999).

En el quinquenio comprendido entre los años 1947-1950, aproximadamente el 70% de la superficie del territorio nacional estaba cubierta de bosque y para 1970, esa cobertura se redujo al 53% (ANAM, 1999). En la década de los 80's existían 3.5 millones de hectáreas con bosques y en el año de 1992 se redujeron a 3.3 millones de hectáreas (ANAM-SAF, 1999). Sin embargo, tomando en cuenta la tasa de deforestación para el periodo 1986-1992, se estima que en 1998 la cobertura boscosa es de 3.052.304 hectáreas (ANAM, 1999). (Ver Cuadro 3).

Cuadro 3. Cobertura Boscosa por Provincia (1992-1998).

Provincia	Superficie por Provincia (Ha)	Superficie Boscosa 1992 (Ha)	Superficie Boscosa 1992 (%)	% Boscoso de la Superficie por Provincia 1992	Superficie Boscosa 1998 (Ha)*	% Boscoso de la Superficie por Provincia 1998
Bocas del Toro	874,540	593,550	17.67	67.87	539,342	61.67
Coclé	492,730	47,080	1.40	9.55	42,732	8.67
Colón	489,010	233,541	6.96	47.76	212,440	43.44
Chiriquí	865,320	117,872	3.51	13.62	107,136	12.38
Darién	1,667,100	1,258,830	37.48	75.51	1,144,004	68.62
Herrera	234,070	10,049	0.30	4.29	9,158	3.91
Los Santos	380,550	29,613	0.88	7.78	26,860	7.06
Panamá	1,188,740	538,812	16.05	45.33	489,895	41.21
Veraguas	1,123,930	298,033	8.87	26.52	270,739	24.09
Kuna Yala	235,700	230,924	6.88	97.97	209,998	89.10
<b>Total del País</b>	<b>7,551,690</b>	<b>3,358,304</b>	<b>100</b>	<b>44.47</b>	<b>3,052,304</b>	<b>40.42</b>

Fuente: Informe de Cobertura Boscosa 1992; INRENARE, 1995.

(\*) Análisis y estimaciones ENA, ANAM, 1998. Calculada sobre la base de la tasa promedio de deforestación anual registrada para el periodo 1986-1992.

Las cifras sobre deforestación indican un proceso de transformación progresiva de uso de la tierra. Además, según los datos de cobertura boscosa y las relaciones entre diferentes periodos demuestran una destrucción anual que supera las 50,000 hectáreas de bosques y reflejan que la cobertura boscosa registra un comportamiento descendente.

De acuerdo al sistema de clasificación de los suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) y adaptado a Panamá, alrededor del 25% de los suelos nacionales son de aptitud agropecuaria y aproximadamente el 75% por sus condiciones naturales de topografía, suelo, clima y/o razones socioeconómicas, debería estar destinado preferentemente a actividades agroforestales y forestales (Ramírez, 1999). Sin embargo, según el Censo Agropecuario de 1990, el 38.9% de las tierras en todo el país se encuentran bajo uso agropecuario, lo cual demuestra que estas actividades se han sobrepasado en un 14% (1,066.582 hectáreas) de la capacidad potencial de los suelos para actividades agropecuarias, situación que constituye un evidente indicador del uso inadecuado de los suelos (Bonilla, 1995).

Un análisis comparativo sobre la capacidad potencial de los suelos y de su uso actual, realizado por Hurtado (1999); concluye que más del 40% de la superficie total del país ha sido deforestada para el desarrollo de actividades inadecuadas e insostenibles y que aproximadamente dos millones de hectáreas ya muestran características de improductiva y deterioro y que en su mayoría son consideradas como tierras semi-abandonadas y/o degradadas.

Más aún, Panamá presenta un consumo estimado de 70-95 mil metros cúbicos anuales de madera, sin considerar otros consumos no registrados como la madera de uso artesanal y la leña. Esta situación sumada a la expansión de la frontera agrícola través de la colonización desordenada e incontrolada, está conduciendo a reducir los escasos bosques existentes. Según análisis y estimaciones de la ANAM (1999), se pronostica que los recursos madereros existentes en el país, solo podrán suplir la demanda nacional en los próximos 25-30 años.

Ante esta realidad, surge la necesidad de promover y establecer programas de reforestación, con la finalidad de dar respuesta a la futura escasez de materia prima madera que se avecina, así como también al medio rural, en cuanto a la creación de puestos de trabajo e incorporar a la economía nacional las tierras deforestadas y con ello disminuir la presión que existe sobre los bosques nativos del país (Stock natural).

En 1992, el Estado Panameño promulgo la Ley 24 del 23 de Noviembre, de incentivos a la Reforestación para ofrecer a los inversionistas beneficios, y así promover e impulsar las actividades de reforestación y apoyar al desarrollo del subsector forestal, generando empleo en las áreas rurales del país y la recuperación del ambiente.

A partir de la promulgación de esta Ley se ha visto un gran entusiasmo entre los empresarios tanto nacionales como extranjeros, interesados en incursionar en las actividades de reforestación (ANARAP, 1998). Ello se debe a diferentes factores, entre los cuales se pueden mencionar la preocupación por la dificultad futura para abastecer al país de materia prima forestal, los problemas ecológicos que se presentan, la poca rentabilidad de otras actividades como la ganadería de pastoreo, la agricultura tradicional y quizás el factor más importante la creación de esta Ley, con sus beneficios principalmente de carácter fiscal.

La reforestación en Panamá es una tarea ineludible, la cual dentro del contexto de incrementar la contribución de las actividades forestales a la economía nacional, va dirigida a recuperar extensas áreas deforestadas e incorporarlas al proceso productivo nacional, crear empleos en las áreas rurales, propiciar al instalación de industrias de transformación forestal, contribuir al abastecimiento del mercado nacional de productos

forestales, disminuyendo las importaciones y generar divisas por la vía de exportación (ANAM-SAF, 1999). Como efectos secundarios importantes se espera reducir la presión sobre los bosques naturales, mejorar las condiciones socioeconómicas en el medio rural, mejorar las condiciones ecológicas en todo el territorio nacional y procurar las bases de recursos forestales para alcanzar el desarrollo rural.

### 2.2.2 Bases Sostenibles de la Reforestación

En Panamá existen acciones nacionales de políticas y legislación ambiental, las cuales conforman una base concreta que respalda y garantiza el naturales y las plantaciones forestales, propósito de la aplicación de los principios de ordenamiento y manejo sostenible de los bosques (ARI, 1998).

Dada la importancia que tienen las plantaciones forestales y los bosques naturales para la sociedad; el Estado y la sociedad misma han tomado mayor conciencia al respecto. En consecuencia han respondido positivamente con la creación de un marco legal que tiende a regularizar y normalizar las acciones no controladas por los agentes que han deteriorado el ambiente.

Como consecuencia de la creciente tasa de deforestación y sus graves implicaciones que esto conlleva, el estado Panameño consciente de su responsabilidad y de la importancia de la reforestación, considero necesario la creación de una legislación, para promover y formar el establecimiento, desarrollo y mejoramiento de la industria forestal, con amplia participación del sector privado, para lo cual fue promulgada la Ley N° 24 del 23 de Noviembre de 1992, la cual promueve, incentiva y reglamenta la actividad de reforestación de Panamá y la misma fue reglamentada mediante el Decreto Ejecutivo N° 89 del 8 de junio 1993.

El 3 de febrero de 1994, se promulga la Ley N° 1, por la cual se crea la Ley Forestal de la República de Panamá, con la finalidad de proteger, conservar, mejorar, acrecentar, educar, investigar, manejar, y aprovechar racionalmente los recursos forestales del País.

La Ley N° 41 (General del Ambiente) del 1 de julio de 1998; define los principios básicos de la Política Ambiental de Panamá y al mismo tiempo crea la Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM). En cumplimiento a lo establecido en la Ley General del Ambiente, la ANAM elaboró la Estrategia Nacional del Ambiente, cuyo producto final fue aprobado como política pública del Estado a través de la Resolución de Gabinete N° 36 del 31 de Mayo de 1999. La Estrategia Nacional del Ambiente tiene como finalidad impulsar la protección, conservación y recuperación del ambiente, y poder lograr el objetivo de desarrollo sostenible mediante diversas acciones, políticas e instrumentos (ANAM, 1999).

El 29 de Diciembre de 1999, se promulgo la Ley N° 58, por la cual se crea el Certificado de Incentivo Forestal como régimen de fomento a la actividad de reforestación a nivel de pequeños productores agropecuarios. Se crea el Certificado de Incentivo Forestal como mecanismo de apoyo público, otorgado con el interés de motivar acciones socialmente deseables que estimulen la reforestación por parte del pequeño productor agropecuario, con especies maderables, frutales arbóreos y fibras vegetales.

Gracias a estas acciones, para 1999; existían mas de mil personas naturales y jurídicas desarrollando proyectos de reforestación y se contaba ya con aproximadamente 38,000 hectáreas reforestadas en el territorio nacional (ANARAP, 1999).(Ver Cuadro 4).

Cuadro 4. Superficie Reforestada por Provincia, en Hectáreas.

PROVINCIA	Antes 1992	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	TOTAL
Veraguas	7,603	15	300	260	500	1,210	293	60	41	10,282
Panamá	859	238	355	910	1,500	1,568	2,040	971	1,127	9,568
Coclé	1,500	86	400	135	376	645	447	230	270	4,089
Chiriquí	531	622	550	430	1,306	575	300	463	1,400	6,177
Darién	20	203	254	193	358	250	295	299	163	2,035
Colón	210	160	90	115	300	429	730	805	225	3,064
Herrera	300	37	32	30	112	285	53	64	27	940
Los Santos	23	25	100	140	234	333	200	198	59	1,312
Bocas del Toro	—	25	12	120	100	52	29	125	287	750
<b>TOTAL</b>	<b>11,046</b>	<b>1,411</b>	<b>2,093</b>	<b>2,333</b>	<b>4,786</b>	<b>5,347</b>	<b>4,387</b>	<b>3,215</b>	<b>3,599</b>	<b>38,217</b>

Fuente: Departamento Nacional de Plantaciones Forestales, 2000, ANAM, Panamá

De estas 38,000 hectáreas, el 57% están reforestadas con Teca (*Tectona grandis*); 27% con Pino Caribe (*Pinus caribae*); 4% con Cedro Espino (*Bombacopsis quinatum*); 3% Caoba Africana (*Khaya senegalensis*); 3% Acacia Mangium (*Acacia mangium*) y el 6% restante con otras especies como la Caoba Nacional, Laurel, Eucaliptos, entre otras. (Ver Cuadro 5).

Cuadro 5. Superficie Reforestada por Especie/Año, en Hectáreas.

ESPECIE	Antes 1992	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	TOTAL
Teca	1,242	715	1,523	1,738	4,240	4,597	3,019	2,307	2,367	21,748
Pino	9,185	75	8	143	98	187	452	133	104	10,386
Cedro Espino	63	51	34	77	166	85	557	264	70	1,377
Acacia Mangio	257	112	12	58	46	272	95	20	237	1,109
Caoba Africana	30	251	507	48	64	63	64	63	32	1,123
Otras	268	207	9	268	172	143	190	428	789	2,474
<b>TOTAL</b>	<b>11,046</b>	<b>1,411</b>	<b>2,093</b>	<b>2,333</b>	<b>4,786</b>	<b>5,347</b>	<b>4,387</b>	<b>3,215</b>	<b>3,599</b>	<b>38,217</b>

Fuente: Departamento Nacional de Plantaciones Forestales, 2000 ANAM, Panamá

### 2.2.3 Áreas Prioritarias y/o Potenciales para la Reforestación

La República de Panamá geográficamente esta formada por un Istmo situado en los trópicos, entre las latitudes 7° 12 Norte y 9° 37 Norte y las longitudes 75° 05 Oeste y 83° 05 Oeste (ARI, 1998).

Debido a su ubicación (Zona Tropical), el régimen de temperaturas en el país, se caracteriza por estrechos márgenes de diferencias tanto diurnos como nocturnos, durante todo el año. Panamá se caracteriza por tener una temperatura promedio anual de 26°C y una precipitación de alrededor de 2,500 mm anuales con 9 meses lluviosos y 3 meses secos, lo que hace posible un desarrollo relativamente rápido de las plantaciones forestales, comparado con otras zonas tropicales del continente (Hurtado, 1999).

En un análisis de la ANAM-SAF (1999), siguiendo el sistema de clasificación de Zonas de Vida de Holdridge; de acuerdo a las características físicas y biológicas de los bosques de Panamá, puede apreciarse que cuatro son recomendadas para emprender y desarrollar programas de reforestación (Bosque muy húmedo tropical, Bosque húmedo tropical, Bosque seco tropical y Bosque muy húmedo premontano). (Ver Cuadro 6).



Cuadro 6. Clasificación de Zonas de Vida según su Potencial para Reforestación.

Zona de Vida		Nivel de Importancia	Superficie % del País
<b>A</b>	Bosque Humedo Tropical	I	32.0
<b>B</b>	Bosque muy Humedo Premontano	II	18.0
<b>C</b>	Bosque Seco Tropical	III	7.0
	Bosque muy Humedo Tropical	IV	13.4
	Bosque Pluvial Premontano		12.6
	Bosque muy Humedo Montano Bajo		5.7
<b>D</b>	Bosque Seco Premontano	Poco Significante	3.0
	Bosque Humedo Premontano		3.5
	Bosque Humedo montano Bajo		-----
	Bosque Pluvial Montano Bajo		3.2
	Bosque muy Humedo Montano		-----
	Bosque Pluvial Montano		1.6

Fuente: Departamento nacional de Plantaciones Forestales, 2000, ANAM, Panamá

Caracterizando estas cuatro zonas mas importantes para reforestación, puede verse lo siguiente:

a) Bosque húmedo tropical

Esta zona de Vida ocupa el mayor área del país, con 2'453,000 hectáreas (32%); es respectiva del clima más común de las tierras bajas de Panamá. Con temperaturas de 26° C y una precipitación de 1,800 - 3,400 mm; se caracteriza principalmente por un clima monzonal. Los suelos residuales de terrenos elevados de este clima, excepto los que se han desarrollado de rocas muy ácidas o rocas calizas son típicamente latosólicos u óxicos. Son profundos excepto en las laderas, descansan sobre una roca madre muy meteorizada y tienen desde moderado hasta buen drenaje interno, reacción ácida y contienen un alto porcentaje de minerales arcillosos. Varían localmente en cuanto a textura, estructura y fertilidad. Se considera que el 75% del suelo incluido en esta clasificación no es apto para ser utilizado económicamente y sin peligro de degradación bajo manejo agrícola o ganadero, lo que significa que estos pueden servir para el manejo forestal sostenible.

b) Bosque muy húmedo premontano

Esta zona ocupa un área de 1'520,000 hectáreas o sea el 18% del territorio nacional. Debido al gran exceso de lluvia, esta zona de vida es esencialmente pobre tanto para la agricultura como para el pastoreo, excepto sobre los suelos derivados de cenizas volcánicas y abanicos aluviales con arenas que se encuentran en Volcán, Boquete y Cerro Punta. Los demás suelos son de reacción ácida, bajos en nutrientes y de textura pesada. Para los suelos más pobres de tierras elevadas (75% de esta zona) el único uso de la tierra, permanente y no destructivo que puede contribuir significativamente a la economía nacional es el uso forestal. En las áreas donde los agricultores nómadas, seguidos por los ganaderos, han pasado sobre estas tierras queda la evidencia de destrucción y abandono, sobre todo en la vertiente Pacífica de Veraguas, Chiriquí y algunas partes de Coclé.

c) Bosque seco tropical

Este bosque se caracteriza por poseer un clima subhúmedo y cálido que ocupa un área relativamente limitada en Panamá; unas 563,000 hectáreas (7% del territorio nacional). Aparece solamente en la parte del Pacífico, ocupando áreas de tierras bajas en Panamá Central, y Oeste, Coclé, Herrera; Los Santos y en una pequeña parte en Garachiné (Darién). La precipitación fluctúa entre 1,100 – 1,650 mm al año. En su mayoría se trata de tierras bajas onduladas con planicies fértiles. Los suelos son de labranza fácil y responden bien a la fertilización.

d) Bosque muy húmedo tropical

Es uno de los mejores climas para uso forestal. Ocupa 1'090,000 hectáreas, o sea el 13.4% del territorio del país; aparece en elevaciones bajas y medianas. Se caracteriza por tener lluvias muy altas y temperaturas elevadas. Con excepción de los suelos de origen volcánico que prevalecen en Chiriquí; los suelos de las demás áreas son generalmente pobres y se recomiendan para la producción forestal sostenible.

Tomando en consideración otros análisis realizados por la ANAM (1999), en la vertiente del Pacífico, la Cordillera Central y el Arco Seco del país, existen extensas áreas con suelos preferencialmente de uso forestal y que en la actividad son utilizados en actividades de baja y muy baja productividad, debido principalmente a sus condiciones de marginalidad. (Ver Cuadro 7).

**Cuadro 7. Áreas Prioritarias y/o Potenciales para Reforestación**

PROVINCIA	DISTRITOS	AREAS
COCLÉ	Olá	San Roquito, Hijo de Dios, Copé
	Natá	Guaca de Quije
	La Pintada	Parte Norte
	Antón	Macano, Cabulla Arriba, El Salado, Chumical
	Penonomé	Tulú, Río Indio
VERAGUAS	Las Palmas, Cañazas, San Francisco, Santa Fé, Calobre, Soná, Montijo, La Mesa, Río de Jesús, Santiago, Atalaya	
CHIRIQUÍ	San Lorenzo, San Juan, Tolé, San Félix, Remedios.	
HERRERA	Las Minas	Quebrada Rosario, El Ciprian, El Algodón, Los Helechos, El Toro, Leones
	Los Pozos	El Salitre, Las Pipas, La Pitaloza, Cerro Paja, La Lagunita, Chorrerita.
	Ocú	Rincón Santo, Tijera, Llano Grande, Los Bajos.
LOS SANTOS	Macaracas	El Tallo, Los Faldales, Bombacho, La Mesa.
	Pocri	Cañafistulo, El Toro, Carrizillal, San Antonio
	Tonosí	Área de Quema
BOCAS DEL TORO	Área de Chiriquí Grande, Zona de Amortiguamiento del Bosque Protector de Palo Seco.	
PANAMÁ	Áreas de la Cordillera, desde Arraijan, Chorrera y Campana; Cordillera de Maje y Tortí, Área de Pasiga, Unión Tableña, Chiman y Río Congo.	
COLÓN	Sardinilla, Boqueron, Nuevo San Juan, Frijolito, Costa Abajo (Río Indio, Miguel de la Borda), Portobelo, Cacique, Nombre de Dios, Santa Isabel.	
DARIÉN	Áreas cercanas a la Reserva Hidrológica del Filo del Tallo, Reserva Forestal de Canglón, Zonas Forestales cercanas a los Ríos Chucunaque, Tuirá y Sambú. Áreas de Garachiné	

Fuente: Departamento Nacional de Plantaciones Forestales, 1999; ANAM, Panamá.

Tomando en cuenta lo anterior, se estima que en el país existen aproximadamente dos millones de hectáreas de suelos semiabandonados y/o con cierto grado de degradación, que pueden ser utilizados en programas de reforestación comercial con especies adaptables a esas condiciones (ANAM-SAF, 1999; ANARAP, 1998).

Generalmente la población que habita zonas marginadas no tienen sus tierras tituladas y la mayoría de estas se encuentran bajo derechos posesorios que son reconocidos y negociados por los productores (consuetudinarios) y respetados por el Estado. Aunque, también existen propietarios de terrenos debidamente titulados (ARI, 1998).

No necesariamente el interesado en reforestar tiene que adquirir las tierras mediante la opción de compra, sino que también puede hacer contactos de arrendamiento o la modalidad de costos compartidos con quien posee las tierras, mediante acuerdo mutuo entre los interesados en donde hay participación compartida de costos y beneficios (Hurtado, 1999). Además, hoy día el Estado a través de la Ley N° 58, le aporta a los pequeños productores agropecuarios de subsistencia el 80% del costo total del proyecto para los tres primeros años, lo que significa un apoyo significativo para mejorar las condiciones socioeconómicas en las áreas rurales, así como también el incremento de la superficie boscosa, mediante el establecimiento y manejo de plantaciones forestales (Ramírez, 1999).

Esto no significa que solo se permite la reforestación en estas áreas, el Estado no limita el uso del suelo en las actividades de reforestación, siempre y cuando haya compatibilidad entre las condiciones de sitios y las exigencias de las especies seleccionadas; y establece que cuando se piense en reforestar debe tomarse en cuenta que las plantaciones forestales, como cualquier otro cultivo requieren para su normal desarrollo una adecuada selección de sitio en la que debe tenerse en cuenta factores edafoclimáticos básicos como son: topografía, profundidad, textura, drenaje, Ph, fertilidad, altitud, temperatura, precipitación y humedad relativa, entre otros (ANAM-SAF, 1999; ANARAP, 1999).

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Descripción del área de estudio.

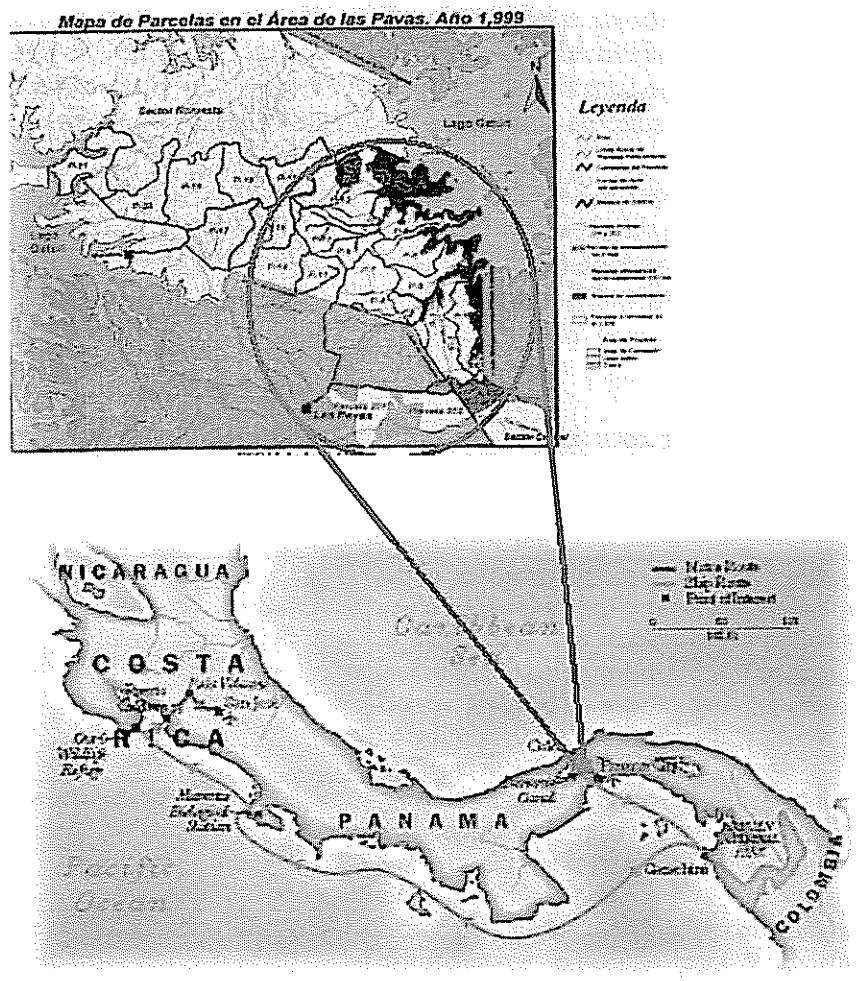
El área del proyecto comprende aproximadamente 7,370 ha, de las cuales cerca de la mitad será plantada de Teca (*Tectona grandis L.f*) y el resto será cubierta con especies nativas de árboles. Por otro lado, dentro de esta área existen 3,500 has cubiertas de *Saccharum spontaneum*, maleza conocida por los lugareños como paja blanca o paja gringa (León, 1998). Los suelos (ARI, 1996), están clasificados como arables con severas limitaciones para cultivos y con aptitudes para cultivos permanentes y frutales, de donde se deriva el uso forestal del proyecto. El manejo de la plantación consiste en chapeo y control químico de malezas, labores culturales, mantenimiento general y protección forestal (brechas corta-fuegos, cercas, control de plagas y enfermedades, etc.) y el aprovechamiento de la madera (raleos y corta final).

##### 3.1.1 Ubicación (Coordenadas Geográficas)

El área de estudio comprende una de las áreas que ECOFOREST tiene destinadas en su proyecto de reforestación comercial con árboles de Teca (*Tectona grandis L.f*), asociados a bosques aledaños, en una zona revertida de la Cuenca del Canal de Panamá; conocida como Las Pavas, que esta localizada en la región noroccidental del Canal de Panamá (09°06' N; 79°53' W); y que se encuentra dentro del área total del proyecto en el margen norte del Lago Gatún, colindante al norte y noreste con los corregimientos de Amador, Laguna y Arraiján, del Depto. de la Chorrera en la provincia de Panamá. Hacia el sur y suroeste, los terrenos colindan con el Lago Gatún (Leon, 1998).

De acuerdo con el plan regional para el desarrollo de la región interoceánica en la subregión Gatún sur y su zonificación administrativa (1996), el área del proyecto, se encuentra en la parte central de la cuenca hidrográfica del Canal de Panamá, y forma parte de los corregimientos de Amador, Mendoza, Santa Clara, Nuevo Emperador y Ancón de la provincia de Panamá. Ver figura 1.

Figura 1. Mapa del área del proyecto



### 3.1.2 Características Agroecológicas

Las lluvias en la zona están influenciadas por la zona de convergencia intertropical, y presentan un rango de precipitación anual que varía desde 2,000 hasta 2,500 mm. Existen dos estaciones bien definidas; la estación seca de diciembre hasta abril, con precipitaciones promedio de 248 mm, siendo los meses más secos, febrero y marzo; y la estación lluviosa con un promedio de 2,363 mm, que comprende los meses de mayo a diciembre, siendo los meses más lluviosos Junio y Julio. La temperatura varía de 22.6°C a 28.5°C. La humedad relativa supera el 60% y alcanza los valores máximos entre los meses de junio y noviembre. La velocidad y dirección de los vientos es moderada, con una media de 10 km/hora.

La topografía del área es de colinas semiboscosas y amplias zonas de repasto con pendientes livianas, que en algunos sectores están cubiertas de franjas de bosque tropical premontano, y en los otros "invadidos" por *Saccharum spontaneum* (paja blanca) (León, 1998). Las elevaciones en el área, oscilan entre los 0 y 136 msnm; existiendo pocos cerros que sobrepasen los 100 m de elevación.

Por sus características físicas y químicas; los suelos de la región del proyecto, se clasifican como oxisoles; y estos son de color pardo rojizo o amarillento, con horizontes no determinados, buena permeabilidad, y resistentes a la erosión cuando son cultivados en pendientes no pronunciadas. En cuanto a su productividad, debido a su limitada capacidad de intercambio de bases, baja cantidad de material orgánico, PH que varía de ácido a muy ácido; la fertilidad y capacidad productiva de estos suelos es baja.

De acuerdo a la ARI (1996), la vegetación natural corresponde a un bosque con al menos tres estratos, en el cual los árboles dominantes alcanzan una altura de hasta 30m. Entre las especies arbóreas comunes se encuentran: *Bombacopsis sessiles*, *Bombacopsis quinatum*, *Scheelea sp*, *Sterculia apetala*, *Ceiba pentandra*, *Dalbergia retusa*, *Calophyllum brasilense*, *Apeiba tibourbou*, *Vochysia ferruginea*, *Hura crepitans*, *Genipa caruto* y *Tabebuia rosea*.

De acuerdo al área de estudio se identifican los siguientes usos de la tierra (Cuadro 8):

Cuadro 8. Uso actual de la tierra en la zona oeste del Canal de Panamá

USO ACTUAL	DESCRIPCIÓN
Bosque secundario maduro	Aquellas áreas boscosas que se pueden clasificar como bosque primario, pero que ya han sufrido por lo menos una intervención en un período largo. Se encuentran en las penínsulas cercanas a la Isla Barro Colorado, así como en las áreas de coordinación militar que estuvieron a cargo del gobierno de los EUA.
Bosque secundario poco intervenido	Áreas de bosque que mantienen la mayoría de sus características estructurales y funcionales, pero que han sufrido una intervención sistemática por la agricultura migratoria.
Bosque secundario muy intervenido	Bosque de segundo crecimiento, amenazado por la extracción de materiales para la construcción de casas y ranchos, la ganadería extensiva y por la invasión de la paja blanca ( <i>Saccharum spontaneum</i> )
Rastrojo	Vegetación predominante: arbustos de crecimiento secundario que alcanzan una altura no mayor de 4m de altura, y están asociados a plantas herbáceas. Son frecuentes los fuegos
Paja Blanca ( <i>Saccharum spontaneum</i> )	Gramínea, introducida para fines de conservación de suelos; es considerada como plaga agrícola y quemada anualmente, lo que provoca impactos ambientales y sociales negativos
Otros pastizales	Gramíneas establecidas con la finalidad de desarrollar la ganadería
Humedales / ciénegas	Se presenta donde el suelo se encuentra inundado o saturado de agua

Fuente: ARI, 1996.

### 3.1.3 Características Sociales y Económicas

#### 3.1.3.1 Área de Influencia del proyecto

En términos de impacto socio-económico, el área de influencia del proyecto se circunscribe a las siguientes comunidades y su entorno: Cerro Cama, Lagarterita, Las Pavas, y varios caseríos con el nombre de los Hules, y Tinajones en el corregimiento de Amador; Lagartera que pertenece a Ancon, pero que esta asociada por su ubicación a los procesos socioeconómicos de Amador y la Laguna; la Laguna (también conocida como la Represa) en el corregimiento del mismo nombre; Mendoza, en el corregimiento también del mismo nombre; y Santa Clara, Huile y el Lirio, en el corregimiento de Arraiján (León, 1998).

#### 3.1.3.2 Actividades Productivas

La región bajo estudio se caracteriza por la predominancia de la producción agrícola de cultivos anuales para autoconsumo, como granos básicos, tubérculos y musaceas; basadas principalmente en cultivos como yuca, ñame, otóy, plátano, maíz, arroz y fríjol. Los niveles de producción son bajos y el uso de insumos agrícolas es escaso. En algunos sitios, como Las Pavas, Lagartera, Santa Clara y el Lirio; los agricultores continúan con practicas agrícolas de carácter migratorio (roza, tumba y quema) (RNT, 1998).

También existe la cría de algunos animales de traspatio (solar) como pollos y cerdos en pequeñas cantidades que ocasionalmente producen ingresos muy modestos por intercambio o venta. La ganadería doble-propósito juega un papel muy importante en las poblaciones de Mendoza y Santa Clara, sin embargo es de tipo extensivo y muy incipiente, generando ingresos muy limitados por la venta de leche, carne o ganado en pie; pero en las áreas de la Pavas, Lagarterita y el lirio, la ganadería doble propósito es un poco mas tecnificada, con rotación de potreros, abonado de potreros, control de malezas etc., y la leche es transportada a Panamá para su venta. En Mendoza y Cerro Cama, las plantaciones de piña, sandía y la venta de grama constituyen una fuerte importante de ingresos y son de carácter intensivo (León, 1998). Las especies forestales mas utilizadas por la población del área de estudio son: Teca (*Tectona grandis*), Acacia (*Acacia mangium*), Cedro espino (*Bombacopsis quinatum*) y los frutales marañon y mango (*Mangifera indica*) (ARI,1996).

El área del proyecto posee un alto potencial ecoturístico por la observación de aves, pesca deportiva y recreación. Las comunidades aledañas cuentan con pequeños caminos de penetración, los cuales son intransitables durante la época de lluvias. Los sistemas de comunicación entre las comunidades son escasos, limitándose al servicio de telefonía rural y radio, pero aún existen comunidades como Lagartera y Las Pavas, que por su lejanía no gozan de estos beneficios (RNT, 1998).

### 3.2 Población y Diseño de Muestreo.

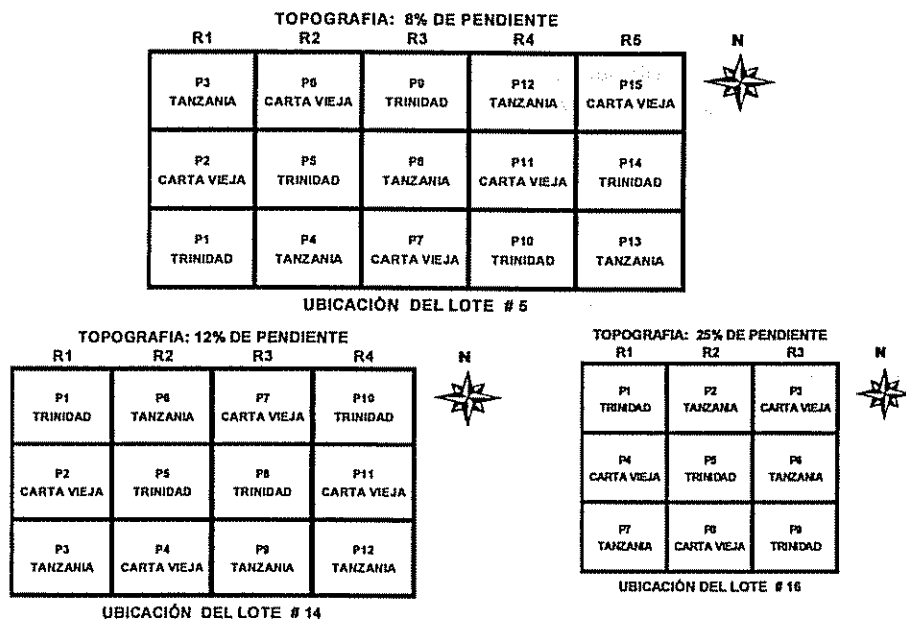
A partir de 1999, se inició el proyecto de reforestación en el área de "Las Pavas", en una superficie de 975 ha; en dicha área se establecieron 18 lotes de plantaciones de teca (*Tectona grandis L.f.*) con 3 procedencias diferentes en cada una; Carta Vieja, Trinidad y Tobago y Tanzania. Para su observación, monitoreo y análisis de datos, ECOFOREST estableció aleatoriamente 72 parcelas en esos 16 lotes. En 3 de los 16 lotes (L5, L14 y L16) realizó 3 experimentos, en base a la topografía característica que presentaban, para conocer el comportamiento del crecimiento de las procedencias de teca, así como su efecto y correlación entre estos. Así, en cada uno de los 3 lotes estableció un experimento bajo un Diseño de Bloques Completamente al Azar con tres tratamientos repetidos; los arreglos en los bloques fueron, en el primer experimento de 3x5 (3 procedencias o tratamientos y 5 repeticiones) en una topografía casi plana (8%); en el segundo experimento de 3x4 (3 procedencias o tratamientos y 4 repeticiones), en una topografía de 12% de pendiente; y en el tercer experimento de 3x3 (3 procedencias o tratamientos y 3 repeticiones) en una topografía de 25% de pendiente (ver figura 2).

Analizando los 3 experimentos en conjunto, se puede observar que las repeticiones son particulares para cada tipo de topografía y existe un efecto anidado; y los tratamientos son los mismos en cada experimento y existe un efecto de interacción.

En cada lote, el tamaño aproximado de cada parcela es de 225 m<sup>2</sup> (25 árboles, en un marco de plantación de 3x3); por lo que para el primer experimento de topografía casi plana (8%), se tienen 3375 m<sup>2</sup> en 15 parcelas; en el segundo experimento con pendiente topográfica de 12% se tienen 2700 m<sup>2</sup> en 12 parcelas; y en el tercer experimento con pendiente topográfica de 25% se tienen 2025 m<sup>2</sup> en 9 parcelas; por lo que se obtiene un total de 36 parcelas o 8100 m<sup>2</sup> bajo estudio.

En total en estos 3 experimentos, el número de individuos o árboles a analizarse en las 36 parcelas es de 900 (36 parcelas x 25 árboles).

Figura 2. Diseño Estadístico planteado por ECOFOREST.





Cabe mencionar que la empresa reforestadora, maneja la información de estas 72 parcelas (16 lotes) a través del sistema computacional “MIRA” como una base de manejo y análisis de datos (Ugalde, 2000).

Por otro lado, como parte del presente estudio, para evaluar el desempeño de las procedencias en las diferentes parcelas establecidas en el área de las Pavas, en diferentes tipos de suelo y topografía; se trabajó con las otras 36 parcelas, conocidas como PPM (parcelas de monitoreo permanente).

Estas parcelas se componen de 100 árboles (10 x 10) a un marco de plantación de 3x3 m, por lo que tienen una superficie aproximada de 900 m<sup>2</sup>.

### **3.3 Recolección de Datos**

#### **3.3.1 Levantamiento de Información Preliminar (Información Biológica y Económica)**

##### **3.3.1.1 Variables Biológicas**

En campo, las variables silvícolas que fueron medidas en los tres experimentos (36 parcelas; 900 árboles) y en las PPM (parcelas de monitoreo permanente) (36 parcelas, 3,600 árboles); fueron el Dap (diámetro a la altura del pecho (1.30 m), la altura total de los árboles, la altura de los árboles dominantes (10% de los árboles más altos por ha); la condición del árbol o código de forma y defectos del fuste (sinuoso, torcedura basal, inclinado, bifurcado, etc.) y la sanidad (vigoroso, muerto en pie, muerto caído, etc.).

Cabe mencionar que esta información se recolectó de acuerdo a formularios de medición, que contiene la metodología del sistema computacional “MIRA” para vaciarse en el (Ugalde, 2000).

En gabinete, se revisaron mapas del área bajo estudio y se analizaron los datos de topografía, tipo de suelo y algunas de sus características (PH, composición de elementos, entre otros); esta información se complementó con la de campo para vaciarse en el sistema “MIRA”. Se recolectó a través de visitas a Instituciones públicas y privadas (STRI, ANAM, ANARAP, ANCON, ARI, ISA, BNP, etc.) información concerniente a las actividades de reforestación en el país; así como también se investigaron referencias bibliográficas relacionadas con la búsqueda de tablas de crecimiento y rendimiento para Panamá y Centroamérica; y se realizaron pláticas con el gerente de operaciones para conocer el manejo de la plantación y las actividades que tienen consideradas a futuro.

##### **3.1.1.2 Variables Económicas**

La información general sobre costos de producción de 2 años fue suministrada por la empresa, a través de su gerente financiero; esta información de costos fue analizada y ordenada por año, en los diferentes rubros que esta maneja: los administrativos como: salarios de la administración, electricidad, agua, papelería, rentas etc; y los erogados en la plantación por actividad; es decir, los costos por

establecimiento y mantenimiento de la plantación como son jornales, maquinaria y equipo e insumos para la producción.

Así mismo se cotejo esta información por medio de fuentes bibliográficas, internet, tiendas de productos forestales y agroquímicos y profesionales en el área forestal como fueron la del número y el costo del jornal en el área y en Centroamérica; los precios: de la semilla, del metro cúbico de madera de teca a nivel nacional e internacional, y de los insumos utilizados en la producción como: herramientas, fertilizantes, herbicidas, plaguicidas, funguicidas, enraizadores, contenedores de plantas, aspersores, etc.

### 3.4 Análisis de la Información

#### 3.4.1 Evaluación Financiera y Silvícola de la plantación.

##### 3.4.1.1 Análisis de Suelo

En base al estudio de análisis de suelo realizado por la empresa en marzo de 1999; efectuado mediante el método de cuadrícula, abriendo carriles en el campo cada 500 metros y posibilitando barrenadas tanto en forma longitudinal como latitudinal; se realizaron un total de 115 observaciones de campo, lográndose un total de 7.6 observaciones por km<sup>2</sup>, las cuales fueron complementadas con calicatas que lograron llegar a 9 observaciones por km<sup>2</sup>, lo cual es apropiado para este tipo de levantamientos. En cada barrenada se recolectaron muestras de suelo a las cuales se les practicó un análisis químico completo (PH, Ca, Mg, K, Al, Fe, P, Zn, Mn, Cu) y materia orgánica.

En base a esta información obtenida (análisis químico completo) en los puntos de muestreo de suelo; se relacionaron estos puntos de muestreo de suelo con las parcelas permanentes de monitoreo (PPM) bajo estudio.

Con la información obtenida de los elementos químicos del suelo encontrada en las parcelas permanentes de monitoreo (PPM), se realizó un análisis de efectos fijos, que constó de un análisis de varianza (ANDEVA) y de medias de mínimos cuadrados para determinar si existen diferencias entre las parcelas bajo estudio de acuerdo al análisis de suelo.

##### 3.4.1.2 Cálculo de variables dasométricas de importancia económica

Con apoyo del programa computacional “MIRA” (Ugalde, 2000) que actualmente maneja la empresa; se digito la información recolectada en campo y gabinete por parcela, como fué el Dap, la altura total, la altura de los árboles dominantes, y la condición del arbolado; y se complemento con información adicional de importancia, como es la del tipo de suelo y su composición química, además de la topografía.

Con estos datos en el sistema, este calcula:

$$\text{Área Basal en metros cuadrados (m}^2\text{)} = \frac{Dap^2}{10000} \times \frac{?}{4}$$

$$\text{Volumen Total en metros cúbicos sin corteza (m}^3\text{)} =$$

Esta fue determinada de acuerdo a la ecuación BR-FLORESTECA-VTsc (Floresteca Agroforestal, 1999. Mato Grosso, Brasil).

$$\text{Ecuación} = 1.4759 + 0.024499 \cdot (D^2) \cdot H; \text{ Factor de forma} = 0.45$$

☞ Incremento Medio Anual (IMA); este se determinó en las variables:

IMA en Volumen = Volumen total / Edad del árbol

IMA en Altura = Altura total / Edad del árbol

IMA en Dap = Dap / Edad del árbol

☞ Índice de Sitio; es la expresión de la calidad del sitio, basada en la altura dominante de los árboles (100 árboles más altos por ha) (Prodan, 1997). Basado en el modelo de Schumacher y referenciado por el trabajo de Vallejos, O y Ugalde, L (1998); el programa computacional "MIRA" estimó el índice de sitio, mediante los siguientes parámetros:

A = 3.47230

B = -1.82530

C = 0.51620

Edad Base = 10 años

Edad Máxima = 30 años

Tipo de Curva = Anamórfica

Es importante mencionar, que con los resultados obtenidos del programa computacional "MIRA" (Volumen, Área Basal, Índice de Sitio, IMA Dap, IMA Altura e IMA Volumen) estos fueron digitados en el programa "SAS", para su análisis estadístico.

#### 3.4.1.3 Proyección Financiera

Para realizar la proyección financiera, se tomaron en cuenta los resultados obtenidos de los promedios en crecimiento en las PPM (parcelas permanentes de monitoreo) en los dos primeros años, a través del análisis de medias de mínimos cuadrados que arroja el programa "SAS"; dado que no se encontraron diferencias significativas entre las procedencias, se tomó el valor medio entre estas en relación a las variables de Altura total, Dap, Área Basal, Volumen e IMA Volumen.

Por otro lado, se investigó si existían tablas de rendimiento para Panamá para tomarlas como base en la realización de la proyección financiera; dado que no se encontraron, se utilizó una tabla de rendimiento de Alfaro (1990; 1998) que muestra una similitud con la zona de vida (de acuerdo al sistema de Holdridge y en base a características agroecológicas) del área del Canal de Panamá y que además los valores medios de dos años encontrados en las variables silvícolas bajo estudio se ajustan o concuerdan con los valores iniciales de dicha tabla de rendimiento.

En base a la información de costos proporcionada por la empresa, esta fue ordenada en una hoja de cálculo (Excel) por año, de acuerdo a los principales rubros que esta maneja (jornales, administración, maquinaria y equipo, insumos, etc.).

Con esta información se realizó la proyección financiera de acuerdo a la tabla de rendimiento que se utilizó.

Es importante mencionar que para el cálculo de los indicadores financieros (VAN, TIR, RBC y VET); fue necesario, previamente definir la tasa de descuento con la que se iba a trabajar, y esta fue "una tasa de descuento real", es decir neta de inflación.

Para calcular la tasa de descuento real, requerida para la mayoría de los análisis financieros, se utilizó la fórmula sugerida por Rose et al, 1989 (citado por Gómez, 2000):

$$\text{Tasa real} = [ (1 + \text{tasa nominal}) / (1 + \text{tasa de inflación}) ] - 1$$

La tasa nominal se obtuvo del promedio de las tasas bancarias pasivas, es decir, de las tasas que pagan los bancos por los ahorros en Panamá, mientras que la tasa de inflación general se calculó a partir de los índices de precios, que se encontraron en las estadísticas oficiales del Banco Central de Panamá.

#### 3.4.1.4 Indicadores Financieros a Obtener

Con la información ordenada en una hoja de cálculo (Excel) de costos e ingresos proyectados, y de acuerdo al turno esperado de cosecha de madera (25 años), se procedió a determinar (en base a las PPM seleccionadas) los siguientes indicadores financieros:

$$3.4.1.4.1 \quad \text{Valor Actual Neto} = \frac{\sum (B_n - C_n)}{(1+i)^n}$$

El VAN, que es la diferencia aritmética de beneficios menos costos actualizados a una tasa dada; e indica la cantidad de ganancia que va dar un proyecto de largo plazo (Urbina, 1990)(Coss Bu, 1995).

Se determinó mediante el uso de hoja de cálculo (Excel), el VAN o la ganancia proyectada a final del turno de cosecha proyectado; con dicho valor también se determinó a valor presente, el VAN por hectárea.

$$3.4.1.4.2 \quad \text{Tasa Interna de Retorno} \quad \sum \frac{B_n - C_n}{(1+i)^n} = 0$$

La TIR es el índice de rentabilidad popularmente aceptado; es la tasa de actualización "i" que hace que el VAN sea igual a cero, e indica cual es la tasa de descuento que soporta un proyecto de largo plazo. Es el rendimiento financiero de una inversión y ayuda a comparar este rendimiento con otras inversiones alternativas (Urbina, 1990)(Coss Bu, 1995).

Mediante hoja de cálculo (Excel), se determinó la TIR, que es la tasa de rendimiento o rentabilidad del presente proyecto.

$$3.4.1.4.3 \quad \text{Relación Beneficio/ Costo} = \frac{\sum Bn/(1+i)^n}{\sum Cn/(1+i)^n}$$

La RBC es el cociente de dividir los beneficios actualizados entre los costos actualizados a una tasa de descuento dada. Indica la cantidad de ganancia por unidad que se está recuperando por cada unidad que se está invirtiendo. Si esta relación es menor que uno, el proyecto no es rentable (Urbina, 1990) (Coss Bu, 1995).

Se determinó mediante hoja de cálculo (Excel), el VAN de costos actualizados y el VAN de Ingresos actualizados, los cuales mediante una división, se obtuvo la relación beneficio-costos en el proyecto y por hectárea.

$$3.4.1.4.4 \quad \text{Valor Esperado de la Tierra} = \frac{R}{(1+i)^r - 1}$$

El VET es el cociente de dividir el ingreso neto actualizado de un ciclo de corta en el año r (VAN) entre la edad de la rotación o ciclo de corta; significa "cuanto quiero pagar por esa tierra para realizar una inversión en plantaciones" (Urbina, 1990) (Coss Bu, 1995).

Se determinó el VET, mediante hoja de cálculo (Excel), a través de la división del VAN proyectado entre el turno esperado de cosecha (25 años); así mismo se determinó este por hectárea. Es importante mencionar que en el cálculo del VET, los terrenos en donde se estableció la plantación de *Tectona grandis L.f.* son arrendados al gobierno de Panamá.

#### 3.4.1.4.5 Retorno de los Factores de la Producción

Toda sociedad u empresa debe resolver tres problemas económicos fundamentales el qué, el cómo y el para quién; esto implica que debe tomar decisiones relacionadas con los factores y productos de la economía. Es decir, toda actividad de planeación en cualquier empresa requiere analizar el mejor uso de los factores de la producción para su mejor desempeño (Murcia, 1974).

Los factores son las mercancías o servicios que se utilizan para producir bienes y servicios; y son tres: Tierra, Mano de Obra y Capital.

Una economía u empresa utiliza la tecnología existente para combinar los factores y obtener productos. Los productos son los distintos bienes y servicios resultantes del proceso de producción que se consumen o que se utilizan para producir otros; por lo tanto, esto finalmente implica: ¿Qué productos van a producirse y en qué cantidad?; ¿Cómo van a producirse; es decir, con qué técnicas se van a combinar los factores para obtener productos deseados? y ¿Para quién van a producirse, y entre quienes deben distribuirse? (Samuelson, 1999).

De acuerdo a Murcia, 1978; para conocer la retribución o el retorno de los factores de la producción, en la ganancia neta de una empresa, existen tres indicadores; los cuales fueron calculados en el presente estudio mediante hoja de cálculo en Excel:

$$a) \quad \text{Retorno de la Tierra} = \frac{VAN}{N^{\circ} \text{Hectáreas}}$$

El retorno de la tierra, se obtuvo dividiendo el Valor Actual Neto (VAN) obtenido en el proyecto, entre el número de hectáreas del proyecto; este indicador nos indica cuál es la ganancia actualizada generada por hectárea.

$$b) \quad \text{Retorno de la Mano de Obra} = \frac{VAN - CTMOActualizado}{N^{\circ} \text{JornalesTotales}}$$

El retorno de la mano de obra, es el cociente de dividir la resta del VAN con el costo total de jornales empleados (CTMO) a valor presente entre el numero total de jornales empleados en el proyecto; y nos indica la retribución de la ganancia (VAN) de la empresa entre el numero de jornales empleados.

$$c) \quad \text{Retorno del Capital} = \text{Tasa Interna de Retorno (TIR)}$$

El retorno del Capital, es la tasa de rendimiento determinada a valor presente que soporta un proyecto de inversión.

### 3.4.1.5 Análisis de Sensibilidad

Es el procedimiento por medio del cual se puede determinar cuanto se afecta o que tan sensible es la TIR o el VAN ante cambios (aumentos o disminuciones) porcentuales en determinadas variables de importancia en un proyecto. Es comúnmente conocido como el análisis de "que pasa si..."; es una técnica importante de uso generalizado en el sector financiero.

Sus ventajas radican en la determinación del punto de corte o equilibrio y en la identificación de variables de riesgo; y sus limitantes son que no toma en cuenta la probabilidad de ocurrencia de resultados, la correlación existente entre las variables y solo es aplicado a un número limitado de variables a la vez (FIRA, 1993).

Mediante el uso de la hoja de calculo (Excel), se realizó el análisis de sensibilidad en base a la proyección financiera, y las variables que fueron tomadas en cuenta en el presente estudio fueron: los costos de producción; el costo de la mano de obra y la productividad esperada de acuerdo a la tabla de rendimiento empleada (Alfaro, 1990; 1998).

De acuerdo a los criterios establecidos por FIRA (1993) y la FAO (1985); el análisis de sensibilidad fue juzgado con algunos criterios en base a la relación de la TIR con la Tasa Real, a través de cambios porcentuales (%) en las variables seleccionadas en el presente estudio:

CRITERIO DE SENSIBILIDAD	DICTAMEN
Si $VAN > 0$ Entonces $TIR > \text{Tasa Real}$	Proyecto Viable
Si $VAN = 0$ Entonces $TIR = \text{Tasa Real}$	Punto de Corte o Equilibrio
Si $VAN < 0$ Entonces $TIR < \text{Tasa Real}$	Proyecto No Viable

Al analizarse los cambios en los indicadores económicos de la TIR y el VAN, se pudo apreciar que tan sensible es el presente proyecto ante cambios porcentuales en las variables seleccionadas y los efectos que hubieron en la rentabilidad del mismo.

### 3.4.2 Análisis Estadístico de la Información.

#### 3.4.2.1 Obtención de Estadísticos Descriptivos.

En base a los valores de las variables dasonómicas recabadas en las parcelas por procedencia (PPM seleccionadas y de Diseño Experimental), como la Altura y el Dap; así como las obtenidas por el sistema "MIRA", como son, Volumen, Área Basal, Índice de Sitio, y el IMA (en Volumen, Altura y Dap); se determinaron a través del programa SAS (Proc Univariate) los siguientes estadísticos descriptivos:

- la Media :  $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$
- Desviación estándar,  $S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$
- Varianza,  $S = \sqrt{S^2}$
- Coeficiente de Variación,  $CV = \frac{Sx}{\bar{X}} \times 100$

#### 3.4.2.2 Comparación entre poblaciones independientes.

Para comparar si las tres Procedencias en las PPM, tienen un comportamiento similar o diferente en su crecimiento; a través del programa SAS, se realizaron "Contrastes Ortogonales" con el procedimiento denominado Ttest; el cual realizó la prueba t para la variable de interés (Procedencias), considerando los casos donde las varianzas poblacionales son iguales o distintas.

La hipótesis que se plantea es la de nulidad o de igualdad de medias  $H_0: \mu_1 = \mu_2$  y se parte de la suposición de distribución normal de las observaciones y la varianza común de las poblaciones.

El criterio de prueba es una t - student:

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}} \approx t \text{ de student}$$

Donde  $\bar{X}_1 - \bar{X}_2 =$  Diferencia de medias muestrales

$\mu_1 - \mu_2 = 0$ ; bajo  $H_0$

$$S^2 = \bar{X}_1 - \bar{X}_2 = S^2_p \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)$$

$$S^2_p = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{(n_1 - 1) + (n_2 - 1)}$$

$n_1$  y  $n_2 =$  Tamaño de muestra

$S_1^2, S_2^2 =$  Varianza de las observaciones en cada muestra

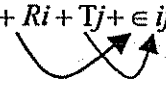
### 3.4.2.3 Análisis de Varianza (ANDEVA)

Para realizar el análisis de Varianza o ANDEVA, se plantearán 2 tipos de modelos; el modelo individual en base a un Diseño de Bloques Completamente al Azar con tres tratamientos (procedencias) repetidos, para cada experimento y el modelo general que abarca los 3 experimentos juntos; y se basa en una Serie de Experimentos Semejantes (Steel & Torrie, 1993).

Mediante el programa SAS, a través del procedimiento GLM, y la instrucción referente a la prueba de Tuckey, se realizó un ANDEVA, para hallar si la interacción entre tratamientos y sitio es significativa, en el caso del modelo general; y para determinar si existe variabilidad entre tratamientos y bloques (repeticiones), para los casos individuales.

La significancia se determinó a través de la prueba de F (Criterio de prueba).


Modelo Individual por Experimento separado

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + T_j + \epsilon_{ij} + \delta_{ijk}$$


Donde:

- $Y_{ijk}$  = Variable respuesta (diámetro, altura, etc. de cada árbol)
- $\mu$  = Media general
- $R_i$  = Repetición o Bloques (3, 4 y 5)
- $T_j$  = Tratamiento j, es decir las procedencias de Teca
- $\epsilon_{ij}$  = Es la variabilidad que existe entre las distintas parcelas con un tipo dado de procedencia de teca, es decir es la variabilidad entre las diferentes repeticiones.
- $\delta_{ijk}$  = Es el error experimental, que indica la variabilidad de los individuo dentro de cada parcela.

Modelo General para los 3 Experimentos

$$Y_{ijk}(l) = \mu + \lambda l + \beta_{i/l} + T_j + (\tau\lambda)_{i l} + \epsilon_{ij}(l) + \delta_{ijk}(l)$$


Donde:

- $Y_{ijk}(l)$  = Variable respuesta (diámetro, altura, etc. de cada árbol)
- $\mu$  = Media general
- $\lambda l$  = Topografía o sitio
- $\beta_{i/l}$  = Efecto anidado (Bloque i, particular a cada sitio o topografía l)
- $T_j$  = Tratamiento j, es decir las procedencias de Teca
- $(\tau\lambda)_{i l}$  = Efecto interacción entre tratamiento y sitio o topografía
- $\epsilon_{ij}(l)$  = Error experimental
- $\delta_{ijk}(l)$  = Error de Muestreo



El ANDEVA, para cada modelo fué el siguiente:

Datos:

Topografía =  $S = 3$ ;  $S_1 = 395$ ,  $S_2 = 300$ , y  $S_3 = 225$

Bloque =  $b = 5$

Tratamiento =  $t = 3$

Arbol =  $a = 25$

Para el Modelo General :

- Conocer si los bloques tienen un comportamiento diferente según la topografía, y si los tratamientos tienen un comportamiento diferente según la topografía.

FUENTE DE VARIACIÓN (FV)	GRADOS DE LIBERTAD (GL)
TOPOGRAFÍA	$S-1 = 3-1 = 2$
BLOQUE (TOPOGRAFÍA)	$b-1(S) = 4-1(3) = 9$
TRATAMIENTO	$t-1 = 3-1 = 2$
TOPOGRAFÍA * TRATAMIENTO	$(S-1)(t-1) = (3-1)(3-1) = 4$
BLOQUE (TOPOGRAFÍA * TRATAMIENTO)	$b-1(S*t) = 3-1(3*3) = 18$
ARBOL*BLOQUE*(TOPOGRAFÍA*TRATAMIENTO)	Diferencia = $899 - 35 = 869$
TOTAL	$n-1 = 900 - 1 = 899$

Para el Modelo Individual:

- Conocer si el efecto de bloqueo funciona en los tratamientos; analizar si realmente sirvió el bloqueo.

FUENTE DE VARIACIÓN (FV)	GRADOS DE LIBERTAD (GL)
BLOQUE	$b-1 = 5-1 = 4$
TRATAMIENTO	$t-1 = 3-1 = 2$
BLOQUE * TRATAMIENTO	$(b-1)(t-1) = (5-1)(3-1) = 8$
ARBOL (BLOQUE * TRATAMIENTO)	$(a-1)(b*t) = (25-1)(5*3) = 360$
TOTAL	$(b*t*a)-1 = (5*3*25)-1 = 374$

#### 3.4.2.4 Modelo de Efectos Fijos.

En el caso de comparación de dos o más poblaciones, en las cuales no se realizó previamente un diseño experimental, se estableció un modelo de efectos fijos que contemplo la interacción de dos factores: procedencias y localidades; de la forma siguiente:

Modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \xi_{ijk}$$

donde:

$Y_{ijk}$  = Variable respuesta (diámetro, altura, etc. de cada unidad experimental (árbol, rodal, área).

$\mu$  = Media general

$\tau_i$  = Procedencias

$\beta_j$  = Localidad

$(\tau\beta)_{ij}$  = Interacción procedencias x localidad

$\xi_{ijk}$  = Error experimental

Con base a este modelo el programa SAS, a través del procedimiento GLM y LSMEANS realizó el Análisis de Varianza y las comparaciones mediante la prueba de Tukey y de medias de mínimos cuadrados (Steel y Torrie, 1993). Este análisis también se realizó para el análisis de los elementos del suelo en las PPM.

#### 3.4.2.5 Análisis de Correlación Canónica.

El análisis de correlación canónica es una de las técnicas del análisis multivariado, cuyo objetivo es explicar la relación entre dos grupos de variables, utilizando un pequeño número de combinaciones lineales para cada grupo, buscando que exista la correlación más alta posible entre dichos grupos.

Para realizar una análisis de correlación canónica, es necesario contar con  $n$  observaciones de cada una de las  $p + q$  variables en estudio ( $n > p+q$ ). Su importancia estadística radica en que permite establecer en forma sencilla las relaciones entre dos conjuntos de variables en términos de nuevas variables y parámetros (Herrera, 2000).

A través del programa SAS (Proc Cancorr) se pudo determinar el grado de correlación entre los factores que determinan la productividad de biomasa o madera (Volumen) de las procedencias de Teca..

Las características del procedimiento CANGORR son las siguientes:

- a) Genera nuevas variables dentro de cada conjunto de variables, como combinaciones lineales de las variables originales correspondientes.
- b) El primer par de combinaciones lineales debe presentar la correlación más alta entre todos los posibles pares de combinaciones lineales entre ambos grupos, el segundo par después del anterior y así sucesivamente.
- c) Cada combinación lineal tiene cero correlación con aquellas combinaciones lineales del mismo conjunto y las pertenecientes al conjunto de la combinación lineal del cual es pareja, excluyendo a ésta última.

Se denominan variables canónicas a las funciones lineales que producen la máxima correlación posible, siendo factible encontrar  $p$  parejas de tales variables.

A las que forman el primer par se les denomina variables canónicas. La correlación del primer par se le denomina primera correlación canónica.

El programa CANGORR se basa en la estimación de componentes de una matriz de correlación, que incluye dos grupos de variables:

- a)  $p$  variables predictoras (Independientes)
- b)  $q$  variables criterio (Dependientes)

Tales variables se correlacionan entre sí y de su matriz de correlación, se extraen vectores canónicos ortogonales que maximizan la correlación entre los componentes de las variables del grupo  $p$  con los componentes del grupo  $q$ ; esto es, el vector canónico I genera la correlación más alta posible entre puntajes del grupo  $p$  con los del grupo  $q$ , y cada uno de los vectores subsecuentes (II, III, etc.) y de esa manera se obtienen las correlaciones residuales indicadas por las raíces canónicas, mismas que se interpretan en forma similar a los coeficientes de correlación.

El análisis de correlación canónica, es muy sensible al número de observaciones. En forma empírica se recomienda que el número de observaciones para el análisis, sea mayor o igual a tres veces el número de variables, es decir:

$n > 3(p + q)$ . Donde  $p$  = Variables independientes y  $q$  = Variables dependientes.

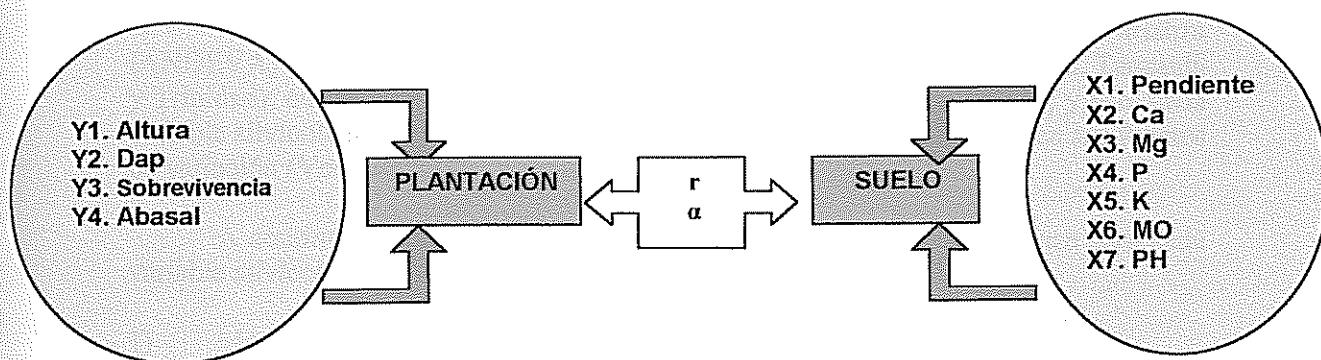
Análisis de Correlación Canónica planteado para este estudio (Ver Figura 3):

Relación entre variables del Suelo y de la Plantación de Teca (*Tectona grandis*, L.f.):

Variables del Suelo: Pendiente del terreno (%), elementos del suelo (Ug y Me /100 ml), pH y Materia orgánica (%)

Variables del Plantación: Altura del árbol (m), Dap (cm), Supervivencia (%), Abasal (m<sup>2</sup>/ha), Volumen (m<sup>3</sup>/ha).

Figura 3. Análisis de Correlación Canónica planteado para este estudio



## 4. RESULTADOS Y DISCUSION.

Los indicadores técnico-económicos de la plantación de teca (*Tectona grandis L.f.*) en el área de estudio, son básicos para conocer la productividad, rentabilidad y permanencia a futuro. Por ello a continuación se describen sus estadísticos descriptivos, las comparaciones entre procedencias de teca, el análisis de sus interrelaciones y su estructura económica-financiera.

### 4.1 ANÁLISIS DE EXPERIMENTOS CON PROCEDENCIAS

#### 4.1.1 ANALISIS DE VARIANZA

Mediante el programa SAS (Proc GLM), se realizó el Análisis de Varianza (ANDEVA) para los experimentos de procedencias bajo estudio (Carta Vieja, Tanzania y Trinidad); en los cuales se utilizó un Diseño de Bloques al Azar (DBA); y para cada variable silvícola bajo estudio se determinó la significancia a una  $Pr < 5\%$  en sus fuentes de variación (Ver anexo 1).

A continuación se describen los resultados del el análisis de varianza para cada variable silvícola en base a su fuente de variación:

##### 1) Modelo

En cuanto a las variables silvícolas: Altura 1 (Medición 2000, 12 meses de edad), Altdom 1 (Altura dominante, medición 2000, 12 meses de edad), Altdom 2 (Altura dominante, medición 2001, 24 meses de edad), DAP (Diámetro a la altura del pecho), IS (Índice de Sitio), ABASAL (Área Basal), Volumen, SUP 1 (Supervivencia, medición 2000, 12 meses de edad), SUP 2 (Supervivencia, medición 2001, 24 meses de edad), e IMAVOL (Incremento medio anual para volumen); el modelo propuesto, fue significativo ( $< .0001$ ) a una  $Pr < 5\%$ . Y solo las variables silvícolas: Altura 2 (Medición 2000, 24 meses) (0.0764), IMADAP (Incremento medio anual para diámetro a la altura del pecho) (0.3965) e IMAALT (Incremento medio anual para altura) (0.1826), no resultaron significativas a una  $Pr < 5\%$ .

##### 2) Bloque

En cuanto a las variables silvícolas: Altura 1 (Medición 2000, 12 meses de edad), Altdom 1 (Altura dominante, medición 2000, 12 meses de edad), IS (Índice de Sitio), SUP 1 (Supervivencia, medición 2000, 12 meses de edad), y SUP 2 (Supervivencia, medición 2001, 24 meses de edad); se encontraron diferencias significativas a una  $Pr < 5\%$ , lo que indica que se rechaza que los valores en las medias de estas variables silvícolas sean iguales, es decir que hay diferencias entre las procedencias bajo estudio. Para las variables silvícolas: Altura 2 (Medición 2000, 24 meses) (0.1366), Altdom 2 (Altura dominante, medición 2001, 24 meses de edad) (0.0745), DAP (Diámetro a la altura del pecho) (0.1343), ABASAL (Área Basal) (0.9110), Volumen (0.6704), IMADAP (Incremento medio anual para diámetro a la altura del pecho) (0.1923), IMAALT (Incremento medio anual para altura) (0.1150) e IMAVOL (Incremento medio anual para volumen) (0.6078), no se encontraron diferencias significativas en los valores medios de estas variables silvícolas, lo que

indica no hay diferencias entre las diferencias bajo estudio. Es importante hacer notar que en el caso de la variable silvícola altura, en su primera medición, se encontraron diferencias entre las tres procedencias, sin embargo al realizarse la segunda medición, ya no se encontraron diferencias, es decir se estandarizo la altura entre las tres procedencias; esto se puede constatar en el cuadro 9, del análisis de medias de mínimos cuadrados.

### 3) Sitio (Pendiente)

En cuanto a las variables silvícolas: Altura 1 (Medición 2000, 12 meses de edad), Altdom 1 (Altura dominante, medición 2000, 12 meses de edad), Altdom 2 (Altura dominante, medición 2001, 24 meses de edad), DAP (Diámetro a la altura del pecho), IS (Índice de Sitio), ABASAL (Área Basal), Volumen, SUP 2 (Supervivencia, medición 2001, 24 meses de edad), IMAVOL (Incremento medio anual para volumen); se encontró que a una  $Pr < 5\%$ , se rechaza que los valores medios de estas variables silvícolas sean iguales, es decir, existen diferencias entre las tres procedencias bajo estudio en cuanto a estas variables silvícolas; esto puede constatarse en el cuadro 10, del análisis de medias de mínimos cuadrados, en donde estas variables silvícolas bajo estudio muestran diferencias a diferentes tipos de pendiente. En cuanto a las variables: Altura 2 (Medición 2000, 24 meses) (0.0652), SUP 1 (Supervivencia, medición 2000, 12 meses de edad) (0.8263), IMADAP (Incremento medio anual para diámetro a la altura del pecho) (0.9666) e IMAALT (Incremento medio anual para altura) (0.8263) se encontró que los valores medios en estas variables silvícolas son iguales a una  $Pr < 5\%$ ; es decir, que no se encontraron o no hay diferencias entre las procedencias (Carta Vieja, Tanzania y Trinidad) para estas variables silvícolas; en el cuadro 10, del análisis por pendiente a través de medias de mínimos cuadrados y en los anexos 3, 4 y 5 del análisis por experimento a través de medias de mínimos cuadrados puede apreciarse esta situación.

### 4) Tratamiento (Procedencias)

De acuerdo a esta fuente de variación, en los resultados obtenidos se encontró que solo en las variables silvícolas Altura 2 (Medición 2000, 24 meses) (0.0382) e IMAALT (Incremento medio anual para altura) (0.0353) hubo diferencias entre procedencias; esto es, que los valores medios obtenidos en estas dos variables silvícolas son diferentes entre las tres procedencias (Carta Vieja, Trinidad y Tanzania). Esto es posible apreciarlo en el cuadro 9, y en los anexos 3, 4 y 5 del análisis por experimento a través de medias de mínimos cuadrados. Para las demás variables silvícolas bajo estudio: Altdom 1 (Altura dominante, medición 2000, 12 meses de edad), Altdom 2 (Altura dominante, medición 2001, 24 meses de edad), DAP (Diámetro a la altura del pecho), IS (Índice de Sitio), ABASAL (Área Basal), Volumen, SUP 2 (Supervivencia, medición 2001, 24 meses de edad), IMADAP (Incremento medio anual para diámetro a la altura del pecho) e IMAVOL (Incremento medio anual para volumen); se encontró que a una  $Pr < 5\%$ , se acepta que los valores medios de estas variables silvícolas sean iguales, es decir, que no existen diferencias entre las tres procedencias bajo estudio en cuanto a estas variables silvícolas; esto puede constatarse en el cuadro 9, y en los anexos 3, 4 y 5 del análisis por experimento a través de medias de mínimos cuadrados, en donde estas variables silvícolas bajo estudio no muestran diferencias de acuerdo a las procedencias bajo estudio.

5) Interacción Tratamiento\*Sitio (Procedencia\*Pendiente)

En cuanto a este análisis, en todas las variables silvícolas bajo estudio, los valores medios de sus resultados fueron iguales a una  $Pr < 5 \%$ ; es decir, que no se encontraron o no hay diferencias entre las procedencias, Carta Vieja, Tanzania y Trinidad para estas variables silvícolas; en el anexo 2, del análisis procedencia\*pendiente a través de medias de mínimos cuadrados y en los anexos 3, 4 y 5 del análisis por experimento a través de medias de mínimos cuadrados puede apreciarse esta situación.

4.1.2 ANÁLISIS DE MEDIAS DE MÍNIMOS CUADRADOS.

En cuanto al análisis del ensayo de tres experimentos bajo un diseño de bloques completos al azar; para encontrar las diferencias existentes entre las tres procedencias bajo estudio (Carta Vieja, Tanzania y Trinidad), para cada variable silvícola, se obtuvieron las medias de mínimos cuadrados, mediante el procedimiento estadístico de SAS, LSMEANS.

En el cuadro 9, puede apreciarse que en el análisis del comportamiento entre las procedencias para las variables silvícolas bajo estudio; en las variables silvícolas: Altura 1 (medición 2000), Altura 2 (medición 2001), Altdom 1 (Altura dominante, 2000), Altdom2 (Altura dominante, 2001), Supervivencia 1 (2000), Supervivencia 2 (2001), e IMAALT (Incremento medio anual para altura), se obtuvieron los mejores resultados en Carta Vieja y Tanzania; así mismo en cuanto a las variables silvícolas: DAP (Diámetro a la altura del pecho), IS (Índice de Sitio), ABASAL (Área Basal), Volumen, IMAVOL (Incremento medio anual para volumen) e IMADAP (Incremento medio anual para DAP), los mejores resultados se obtuvieron en Tanzania.

Por lo que a nivel general, entre las tres procedencias, la de mejor desempeño fue Tanzania, seguida por Carta Vieja y Trinidad, respectivamente.

**Cuadro 9.**

Medias de mínimos cuadrados y errores estándar para las principales variables silvícolas en los tres experimentos para las tres procedencias de Teca.

EXPERIMENTO COMPLETO DE PROCEDENCIAS $Y \pm E.E.M.$			
CONCEPTO	CARTA VIEJA	TANZANIA	TRINIDAD
ALTURA 1	2.39 $\pm$ 0.13 a	2.37 $\pm$ 0.13 a	2.09 $\pm$ 0.13 b
ALTURA 2	3.76 $\pm$ 0.17 a	3.72 $\pm$ 0.17 a	3.20 $\pm$ 0.17 b
ALTDOM 1	3.27 $\pm$ 0.17 a	3.33 $\pm$ 0.17 a	3.07 $\pm$ 0.17 b
ALTDOM 2	4.86 $\pm$ 0.20 a	4.88 $\pm$ 0.20 a	4.58 $\pm$ 0.20 b
DAP	3.81 $\pm$ 0.14 b	4.07 $\pm$ 0.14 a	3.72 $\pm$ 0.14 b
INDICE DE SITIO	10.79 $\pm$ 0.58 b	11.02 $\pm$ 0.58 a	10.14 $\pm$ 0.58 c
AREA BASAL	1.34 $\pm$ 0.16 b	1.68 $\pm$ 0.16 a	1.37 $\pm$ 0.16 b
VOLUMEN	3.68 $\pm$ 0.35 b	4.17 $\pm$ 0.35 a	3.49 $\pm$ 0.35 c
SUPERVIVENCIA 1	88.35 $\pm$ 2.00 a	88.12 $\pm$ 2.00 a	85.46 $\pm$ 2.00 b
SUPERVIVENCIA 2	89.24 $\pm$ 2.05 a	87.64 $\pm$ 2.05 b	85.38 $\pm$ 2.05 c
IMA DAP	2.44 $\pm$ 0.09 b	2.62 $\pm$ 0.09 a	2.39 $\pm$ 0.09 b
IMA ALTURA	2.42 $\pm$ 0.11 a	2.38 $\pm$ 0.11 a	2.04 $\pm$ 0.11 b
IMA VOLUMEN	2.32 $\pm$ 0.22 b	2.64 $\pm$ 0.22 a	2.18 $\pm$ 0.22 c

a,b,c,... Medias con distinta literal en fila, son diferentes ( $p < 0.05$ )

\* ALTURA 1=1era medición en metros (2000); ALTURA 2=2da medición en metros (2001); ALTDOM 1= Altura dominante en la 1era medición en metros (2000); ALTDOM 2= Altura dominante en la 2da medición en metros (2001); DAP=Diámetro a la altura del pecho en cm; ABASAL= Área Basal en  $m^2/ha$ ; IS=Índice de Sitio en metros; VOLUMEN en  $m^3/ha$ ; SUPERV 1= % de

supervivencia en plantación, en el 2000; SUPERV 2= % de supervivencia en plantación, en el 2002; IMAVOL= Incremento medio anual en volumen en m<sup>3</sup>/ha; IMADAP= Incremento medio anual en el diámetro a la altura del pecho en cm; IMAALT= Incremento medio anual en altura en el 2001, en metros.

En cuanto al análisis por pendiente, de acuerdo a las principales variables silvícolas bajo estudio; puede apreciarse en el cuadro 10; que las variables: Altura 1 (medición 2000), Altura 2 (medición 2001), Altdom 1 (Altura dominante, 2000), Altdom 2 (Altura dominante, 2001), DAP (Diámetro a la altura del pecho), IS (Índice de Sitio), ABASAL (Área Basal), IMAALT (Incremento medio anual para altura) e IMADAP (Incremento medio anual para DAP); los mejores resultados se obtuvieron a una pendiente de 8%; y solo las variables de Volumen, IMAVOL (Incremento medio anual para volumen), Supervivencia 1 (2000), y Supervivencia 2 (2001), se obtuvieron los mejores resultados a una pendiente de 12%. Por lo que se puede ver, que los mejores desempeños en cuanto a variables silvícolas, se realizan a pendientes bajas.

#### Cuadro 10.

Medias de mínimos cuadrados y errores estándar para las principales variables silvícolas por pendiente, en los tres experimentos para las tres procedencias de Teca.

ANÁLISIS POR PENDIENTE $\bar{Y} \pm E.E.M.$			
CONCEPTO	25%	12%	8%
ALTURA 1	1.83 ± 0.16 c	1.95 ± 0.13 b	3.07 ± 0.11 a
ALTURA 2	3.23 ± 0.21 c	3.58 ± 0.18 b	3.88 ± 0.14 a
ALTDOM 1	1.84 ± 0.21 c	3.30 ± 0.18 b	4.54 ± 0.14 a
ALTDOM 2	3.28 ± 0.25 b	5.42 ± 0.21 a	5.62 ± 0.17 a
DAP	3.55 ± 0.17 b	3.79 ± 0.15 b	4.25 ± 0.12 a
INDICE DE SITIO	6.10 ± 0.71 c	10.91 ± 0.59 b	14.94 ± 0.48 a
AREA BASAL	0.15 ± 0.20 b	2.32 ± 0.17 a	2.22 ± 0.14 a
VOLUMEN	0.23 ± 0.42 c	6.22 ± 0.35 a	5.36 ± 0.29 b
SUPERVIVENCIA 1	83.61 ± 2.43 c	90.33 ± 2.04 a	88.00 ± 1.67 b
SUPERVIVENCIA 2	83.27 ± 2.49 c	91.00 ± 2.09 a	88.00 ± 1.71 b
IMA DAP	2.48 ± 0.11 a	2.47 ± 0.10 a	2.50 ± 0.08 a
IMA ALTURA	2.24 ± 0.14 a	2.34 ± 0.11 a	2.27 ± 0.09 a
IMA VOLUMEN	0.14 ± 0.27 c	4.12 ± 0.22 a	3.18 ± 0.18 b

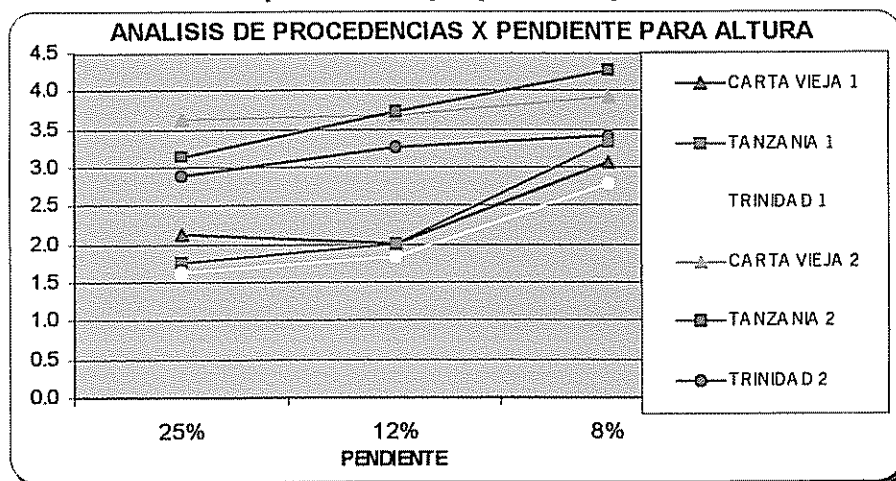
a,b,c,... Medias con distinta literal en fila, son diferentes (p<0.05)

\* ALTURA 1=1era medición en metros (2000); ALTURA 2=2da medición en metros (2001); ALTDOM 1= Altura dominante en la 1era medición en metros (2000); ALTDOM 2= Altura dominante en la 2da medición en metros (2001); DAP=Diámetro a la altura del pecho en cm; ABASAL= Área Basal en m<sup>2</sup>/ha; IS=Índice de Sitio en metros; VOLUMEN en m<sup>3</sup>/ha; SUPERV 1= % de supervivencia en plantación, en el 2000; SUPERV 2= % de supervivencia en plantación, en el 2002; IMAVOL= Incremento medio anual en volumen en m<sup>3</sup>/ha; IMADAP= Incremento medio anual en el diámetro a la altura del pecho en cm; IMAALT= Incremento medio anual en altura en el 2001, en metros.

En cuanto al análisis de procedencias por pendiente (Anexo 2), se puede apreciar que la procedencia que mejores resultados arroja en cuanto a desempeño en las variables silvícolas bajo estudio; a mayor pendiente (25%), es la procedencia de Carta Vieja; y la que mejor se comporta a menores pendientes (8 y 12%) es Tanzania.

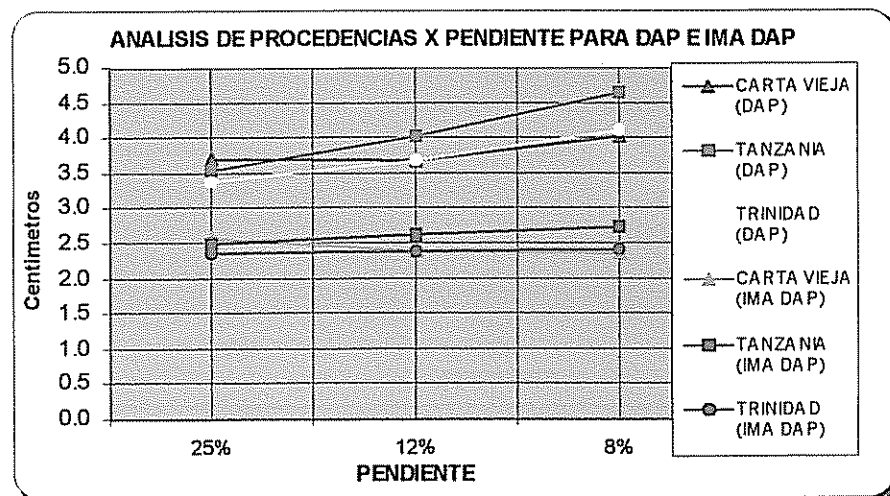


Gráfico 1. Análisis de procedencias por pendiente, para la variable Altura (2000 y 2001).



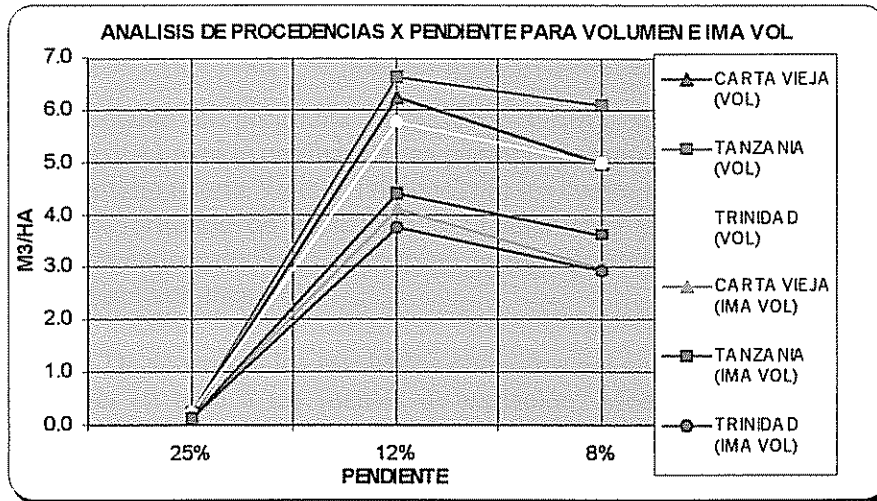
De acuerdo al gráfico 1, puede apreciarse el comportamiento de las tres procedencias bajo análisis (Carta Vieja, Trinidad y Tanzania), en tres diferentes pendientes (8%, 12% y 25%); en donde para las variables silvícolas altura 1 (medición 2000) y Altura 2 (medición 2001), la procedencia de Carta Vieja demostró tener un mejor desempeño a una pendiente de 25%, en comparación de Tanzania y Trinidad, respectivamente; a una pendiente de 12%, Carta Vieja y Tanzania tienen un mismo desempeño, pero a una pendiente menor (8%), la procedencia de Tanzania resultó con un mayor desempeño en altura con respecto a Carta Vieja y Trinidad, respectivamente.

Gráfico 2. Análisis de procedencias por pendiente para DAP e IMADAP



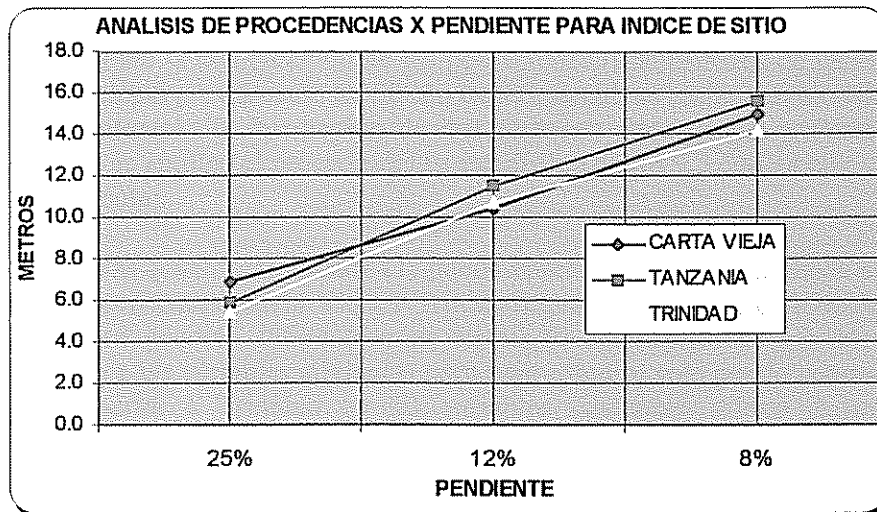
Como puede apreciarse en el gráfico 2; la procedencia de Carta Vieja tuvo un mejor desempeño en cuanto a el DAP (Diámetro a la altura del pecho) y el IMADAP (Incremento medio anual), a una pendiente de 25% sobre Tanzania y Trinidad, respectivamente; a una pendiente de 12% Tanzania tuvo un mejor desempeño que Carta vieja y Trinidad, que tuvieron un comportamiento similar; y a una pendiente de 8%, La Tanzania fue la procedencia con mayor desempeño, seguida de Trinidad y Carta Vieja, respectivamente.

Grafico 3. Análisis de Procedencias por pendiente para Volumen e IMAVOL



En el grafico 3, puede apreciarse que a una pendiente de 25%, las tres procedencias (Carta Vieja, Trinidad y Tanzania), tienen un desempeño similar; sin embargo al aumentar la pendiente (12 y 25%), es la procedencia de Tanzania, la que tiene el mejor desempeño, seguida de Carta Vieja y Trinidad, para las variables silvícolas de volumen e IMAVOL (Incremento medio anual para volumen)

Grafico 4. Análisis de Procedencias por pendiente para Índice de Sitio (IS)



En el grafico 4, se puede apreciar; que la Procedencia de Carta Vieja tuvo un mejor desempeño a una pendiente de 25%, en cuanto a IS (Índice de Sitio), que Tanzania y Trinidad, respectivamente; sin embargo a una pendiente de 12%, la procedencia de Tanzania tiene un mayor desempeño que Carta Vieja y Trinidad que tienen un mismo desempeño a esa pendiente; y a 8%, es la procedencia de Tanzania, la que tiene el mejor desempeño, seguida de Carta Vieja y Trinidad, respectivamente.

## 4.2 PARCELAS PERMANENTES DE MONITOREO

### 4.2.1 ANALISIS DE VARIANZA

Mediante el programa SAS (Proc GLM), se realizo el Análisis de Varianza (ANDEVA) para el análisis de las parcelas de monitoreo (PPM), con dos procedencias bajo estudio (Carta Vieja y Trinidad); en los cuales se utilizo un modelo de efectos fijos, con dos criterios de clasificación (Tratamiento y Pendiente); y para cada variable silvícola bajo estudio se determino la significancia a una  $Pr < 5\%$  en sus fuentes de variación (Ver anexo 6).

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis de varianza para cada variable silvícola en base a las fuentes de variación; Modelo, Procedencias, Pendiente, y la Interacción Pendiente\*Procedencia; no se encontraron diferencias significativas a una  $Pr < 5\%$ , en todas las variables silvícolas bajo estudio; es decir los valores medios de las variables silvícolas bajo estudio resultaron ser iguales. Esto es posible constatarlo en el análisis de medias de mínimos cuadrados (Cuadro 11) en donde a pesar de que este análisis hace un ajuste de medias de acuerdo al numero de observaciones, solo encontró pequeñas diferencias en 4 variables silvícolas (Altura 2 (Medición 2000, 24 meses); Altdom 1 (Altura dominante, medición 2000, 12 meses de edad); ABASAL (Área Basal), y Volumen).

### 4.2.2 ANALISIS DE MEDIAS DE MINIMOS CUADRADOS

Para la comparación de las poblaciones (Plantaciones de teca), en las cuales no se estableció previamente un diseño experimental, se realizo un modelo de efectos fijos, que contemplo la interacción de dos factores: Procedencia y Pendiente. Para dicho análisis se empleo el procedimiento estadístico de SAS, LSMEANS; y cuyo análisis fue el siguiente:

De acuerdo al cuadro 11, puede apreciarse en el análisis de comparación entre dos procedencias (Carta Vieja y Trinidad), para cada variable silvícola bajo estudio; no hubo —en general— diferencias en cuanto al desempeño de las dos procedencias de acuerdo a las variables silvícolas para bajo estudio; solo puede notarse que Carta Vieja fue superior a Trinidad en las variables silvícolas: Altura 2 (medición 2000) y ALTDOM 1 (Altura Dominante, 2000); y a su vez, Trinidad fue superior a Carta vieja en las variables de ABASAL (Área Basal ) y Volumen. Ver gráficos 5 y 6.

#### Cuadro 11.

Medias de mínimos cuadrados y errores estándar para las principales variables silvícolas en las parcelas de monitoreo de procedencias de Teca (PPM) para dos procedencias de teca.

CONCEPTO $\bar{Y} \pm E.E.M.$	PROCEDENCIA	
	CARTA VIEJA	TRINIDAD
ALTURA 1*	2.71 $\pm$ 0.45 a	2.73 $\pm$ 0.29 a
ALTURA 2*	4.05 $\pm$ 0.51 a	3.88 $\pm$ 0.33 b
ALTDOM 1*	4.14 $\pm$ 0.52 a	3.99 $\pm$ 0.33 b

ALTDOM 2*	5.84 ± 0.55 a	5.58 ± 0.35 a
DAP*	4.49 ± 0.57 a	4.52 ± 0.36 a
AREA BASAL*	1.74 ± 0.58 b	1.87 ± 0.37 a
INDICE DE SITIO*	13.69 ± 1.72 a	13.26 ± 1.11 a
VOLUMEN*	3.99 ± 1.32 b	4.72 ± 0.85 a
SUPERVIVENCIA 1*	96.16 ± 1.34 a	96.26 ± 0.86 a
SUPERVIVENCIA 2*	95.75 ± 1.57 a	95.38 ± 1.01 a
IMA VOLUMEN*	2.58 ± 0.74 a	2.85 ± 0.48 a
IMA DAP*	2.85 ± 0.32 a	2.76 ± 0.21 a
IMA ALTURA*	2.54 ± 0.30 a	2.43 ± 0.18 a

a,b,c,... Medias con distinta literal en fila, son diferentes ( $p < 0.05$ )

\* ALTURA 1=1era medición en metros (2000); ALTURA 2=2da medición en metros (2001); ALTDOM 1= Altura dominante en la 1era medición en metros (2000); ALTDOM 2= Altura dominante en la 2da medición en metros (2001); DAP=Diámetro a la altura del pecho en cm; ABASAL= Area Basal en  $m^2$ /ha; IS=Índice de Sitio en metros; VOLUMEN en  $m^3$ /ha; SUPERV 1= % de supervivencia en plantación, en el 2000; SUPERV 2= % de supervivencia en plantación, en el 2002; IMAVOL= Incremento medio anual en volumen en  $m^3$ /ha; IMADAP= Incremento medio anual en el diámetro a la altura del pecho en cm; IMAALT= Incremento medio anual en altura en el 2001, en metros.

De acuerdo a los graficos 5 y 6, puede apreciarse, que no existe mucha diferencia en el desempeño de las procedencias respecto a las variables silvícolas bajo estudio; solo es de notarse principalmente en las variables Altura 2 (medición 2001), Área Basal, Índice de Sitio (IS), y Volumen.

Grafico 5. Análisis por procedencia en parcelas de monitoreo

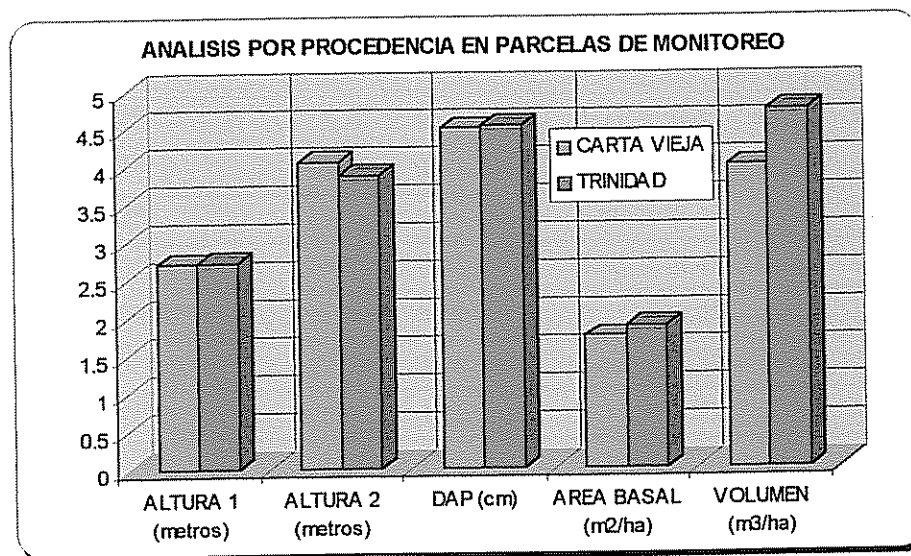
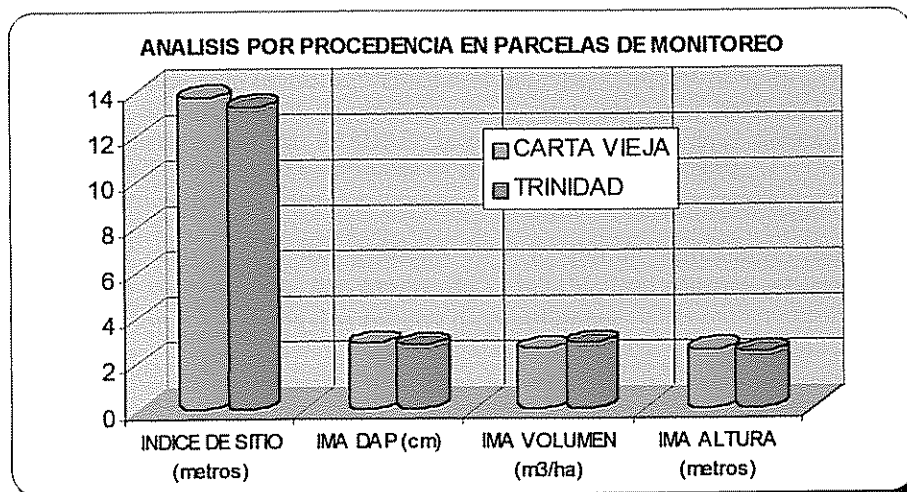


Grafico 6. Análisis por procedencia en parcelas de monitoreo



De acuerdo al análisis de procedencia por pendiente (Cuadro 12), se puede apreciar que el mayor desempeño de las procedencias en base a las variables silvícolas bajo estudio, se obtuvo en pendientes con un rango de 11-21%. Ver gráficos 7 y 8.

**Cuadro 12.**

Medias de mínimos cuadrados y errores estándar para las principales variables silvícolas en las parcelas de monitoreo de procedencias de Teca (PPM) en tres diferentes pendientes.

CONCEPTO $\bar{Y} \pm E.E.M.$	PENDIENTE		
	0-11%	11-21%	21% <
ALTURA 1*	2.74 ± 0.55 b	3.09 ± 0.39 a	2.34 ± 0.46 c
ALTURA 2*	3.78 ± 0.62 b	4.33 ± 0.43 a	3.80 ± 0.51 b
ALTDOM1*	4.04 ± 0.63 b	4.47 ± 0.44 a	3.68 ± 0.52 c
ALTDOM2*	5.46 ± 0.66 b	5.99 ± 0.46 a	5.69 ± 0.55 b
DAP*	4.18 ± 0.68 c	4.85 ± 0.48 a	4.48 ± 0.57 b
AREA BASAL*	1.52 ± 0.69 b	2.15 ± 0.49 a	1.74 ± 0.58 b
INDICE DE SITIO*	13.38 ± 2.08 b	14.80 ± 1.47 a	12.24 ± 1.74 c
VOLUMEN*	3.77 ± 1.59 c	5.14 ± 1.12 a	4.16 ± 1.33 b
SUPERVIVENCIA 1*	96.53 ± 1.62 a	96.33 ± 1.14 a	95.77 ± 1.35 b
SUPERVIVENCIA 2*	96.0 ± 1.89 a	96.32 ± 1.33 a	94.37 ± 1.58 b
IMA VOLUMEN*	2.27 ± 0.90 c	3.04 ± 0.63 a	2.83 ± 0.75 b
IMA DAP*	2.56 ± 0.37 b	2.88 ± 0.26 a	2.97 ± 0.34 a
IMA ALTURA*	2.43 ± 0.34 b	2.56 ± 0.24 a	2.46 ± 0.31 b

a,b,c,... Medias con distinta literal en fila, son diferentes ( $p < 0.05$ )

\* ALTURA 1=1era medición en metros (2000); ALTURA 2=2da medición en metros (2001); ALTDOM 1= Altura dominante en la 1era medición en metros (2000); ALTDOM 2= Altura dominante en la 2da medición en metros (2001); DAP=Diámetro a la altura del pecho en cm; ABASAL= Area Basal en  $m^2/ha$ ; IS=Índice de Sitio en metros; VOLUMEN en  $m^3/ha$ ; SUPERV 1= % de supervivencia en plantación, en el 2000; SUPERV 2= % de supervivencia en plantación, en el 2002; IMAVOL= Incremento medio anual en volumen en  $m^3/ha$ ; IMADAP= Incremento medio anual en el diámetro a la altura del pecho en cm; IMAALT= Incremento medio anual en altura en el 2001, en metros.

De acuerdo a los gráficos 7 y 8, puede apreciarse claramente, que en la pendiente que va de un rango de 11-21%, se obtuvo el mejor desempeño en comparación a los otros dos rangos de pendientes.

Grafico 7. Análisis en parcelas de monitoreo por pendiente

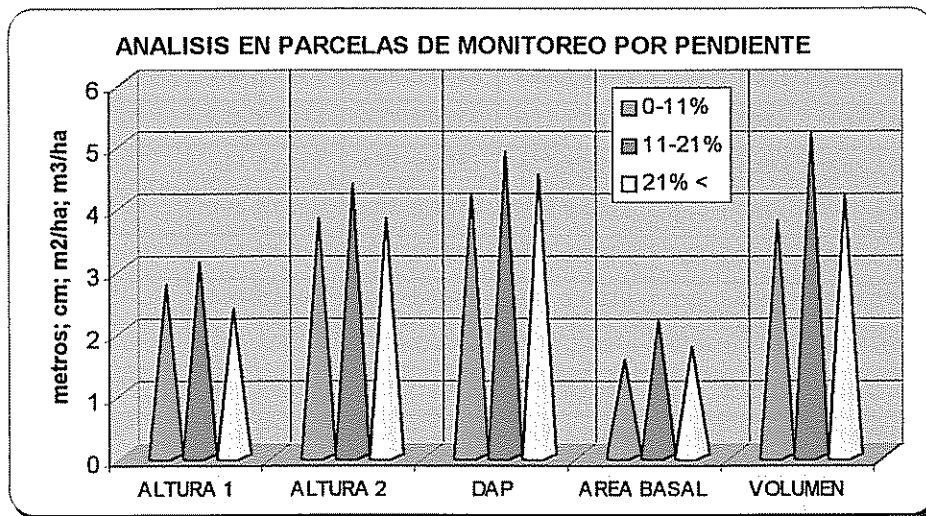
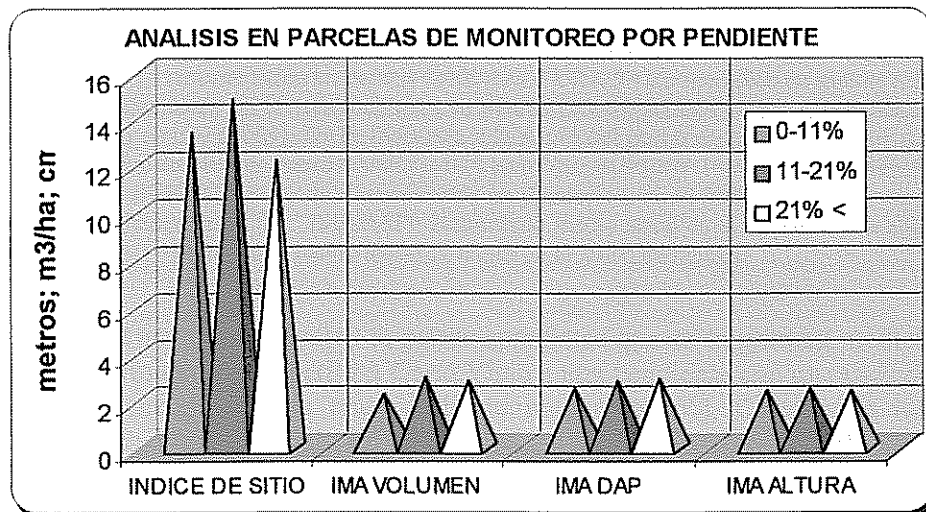


Grafico 8. Análisis en parcelas de monitoreo por pendiente





Por otro lado, en base al análisis de las dos procedencias por pendiente (Cuadro 13), puede notarse, que la procedencia de Carta Vieja fue la que mejor desempeño tuvo de acuerdo a las variables silvícolas bajo estudio, en pendientes mayores a 21%; sin embargo Trinidad supero a Carta Vieja en los rangos de pendiente de 0-11% y de 11-21%. Ver gráficos 8, 9 10 y 11.

### Cuadro 13.

Medias de mínimos cuadrados y errores estándar para las principales variables silvícolas en las parcelas de monitoreo de procedencias de Teca (PPM) en tres diferentes pendientes, para dos procedencias de teca.

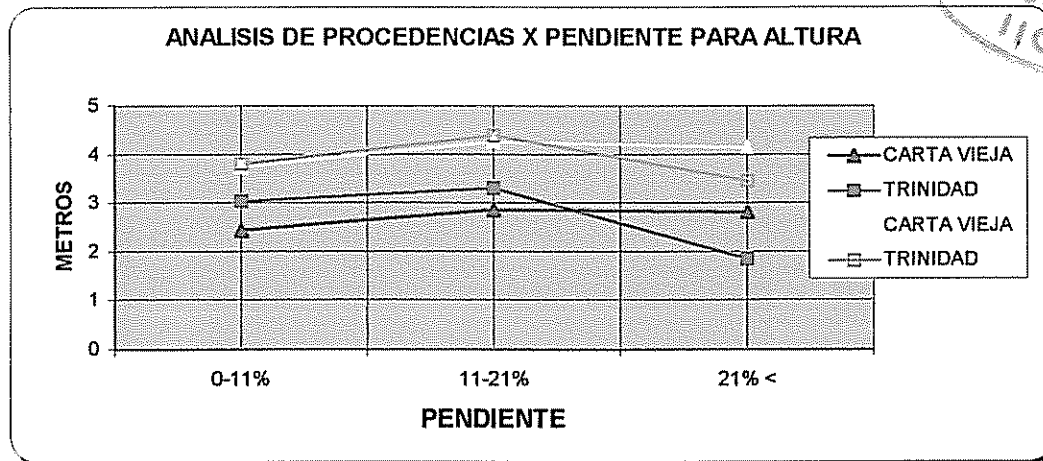
CONCEPTO $\bar{Y} \pm E.E.M.$	PROCEDENCIA					
	CARTA VIEJA			TRINIDAD		
PENDIENTE	0-11%	11-21%	21% <	0-11%	11-21%	21% <
ALTURA 1*	2.45 ± 0.97 a	2.87 ± 0.68 a	2.82 ± 0.68 a	3.04 ± 0.52 a	3.31 ± 0.36 a	1.86 ± 0.61 a
ALTURA 2*	3.75 ± 1.09 a	4.27 ± 0.77 a	4.15 ± 0.77 a	3.81 ± 0.58 a	4.39 ± 0.41 a	3.46 ± 0.69 a
ALTDOM 1*	3.95 ± 1.11 a	4.30 ± 0.78 a	4.17 ± 0.78 a	4.14 ± 0.59 a	4.65 ± 0.42 a	3.20 ± 0.70 a
ALTDOM 2*	5.75 ± 1.16 a	5.87 ± 0.82 a	5.90 ± 0.82 a	5.17 ± 0.62 a	6.11 ± 0.44 a	5.48 ± 0.73 a
DAP*	4.05 ± 1.20 a	4.45 ± 0.85 a	4.97 ± 0.85 a	4.31 ± 0.64 a	5.26 ± 0.45 a	4.0 ± 0.76 a
ABASAL*	1.30 ± 3.66 b	1.65 ± 0.57 b	2.27 ± 0.87 a	1.75 ± 0.65 b	2.65 ± 0.46 a	1.22 ± 0.77 b
IS*	13.04 ± 1.23 a	14.24 ± 2.59 a	13.79 ± 2.59 a	13.72 ± 1.96 a	15.36 ± 1.38 a	10.70 ± 2.32 a
VOLUMEN*	2.86 ± 2.81 a	4.13 ± 1.98 a	4.98 ± 1.98 a	4.68 ± 1.50 a	6.15 ± 1.06 a	3.34 ± 1.77 a
SUPERV 1*	96.5 ± 2.86 a	95.2 ± 2.02 b	96.7 ± 2.02 a	96.5 ± 1.53 b	97.4 ± 1.08 a	94.8 ± 1.81 c
SUPERV 2*	96.0 ± 3.33 a	95.5 ± 2.35 a	95.7 ± 2.35 a	96.0 ± 1.78 b	97.1 ± 1.26 a	93.0 ± 2.10 c
IMAVOL*	1.75 ± 1.58 c	2.47 ± 1.12 b	3.52 ± 1.12 a	2.80 ± 0.84 b	3.61 ± 0.60 a	2.14 ± 1.0 c
IMADAP*	2.50 ± 0.66 b	2.65 ± 0.46 b	3.40 ± 0.54 a	2.62 ± 0.35 b	3.11 ± 0.25 a	2.54 ± 0.41 b
IMAALT*	2.35 ± 0.61 b	2.55 ± 0.43 b	2.73 ± 0.50 a	2.52 ± 0.32 a	2.57 ± 0.23 a	2.20 ± 0.39 b

a,b,c,... Medias con distinta literal en fila, son diferentes ( $p < 0.05$ )

\* ALTURA 1=1era medición en metros (2000); ALTURA 2=2da medición en metros (2001); ALTDOM 1= Altura dominante en la 1era medición en metros (2000); ALTDOM 2= Altura dominante en la 2da medición en metros (2001); DAP=Diámetro a la altura del pecho en cm; ABASAL= Area Basal en  $m^2$ /ha; IS=Índice de Sitio en metros; VOLUMEN en  $m^3$ /ha; SUPERV 1= % de supervivencia en plantación, en el 2000; SUPERV 2= % de supervivencia en plantación, en el 2002; IMAVOL= Incremento medio anual en volumen en  $m^3$ /ha; IMADAP= Incremento medio anual en el diámetro a la altura del pecho en cm; IMAALT= Incremento medio anual en altura en el 2001, en metros.

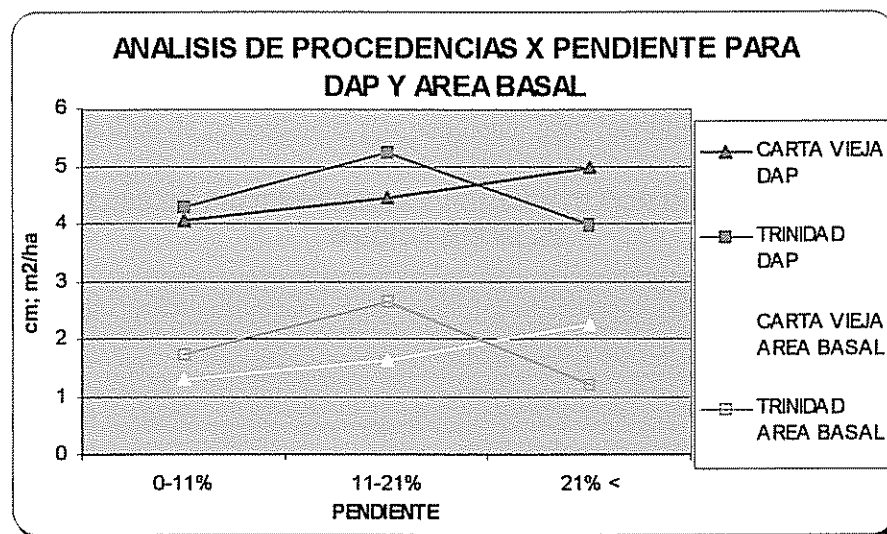
De acuerdo al gráfico 9, puede apreciarse que en la primera medición de alturas (2000), Trinidad fue superior a Carta Vieja a una pendiente con un rango de 0-11% y de 11-21%; sin embargo a una pendiente mayor (>21%), Carta vieja tuvo un mejor desempeño que Trinidad. En el segundo análisis de alturas (2001); Carta vieja y Trinidad tuvieron un desempeño similar a pendientes con rango de 0-11% y de 11-21%; pero al aumentar la pendiente (>21%), Carta Vieja demostró tener un mejor desempeño.

Grafico 9. Análisis de Procedencias por pendiente para altura



De acuerdo al grafico 10; puede notarse que tanto el Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) y el Área Basal tienen un comportamiento similar respecto a las procedencias y la pendiente; es decir, que Trinidad tiene un mejor desempeño que Carta Vieja en pendientes de 0-11% y de 11-21%, en estas dos variables silvícolas; y Carta Vieja demostró ser mejor a una pendiente mayor (>21%) de la misma forma.

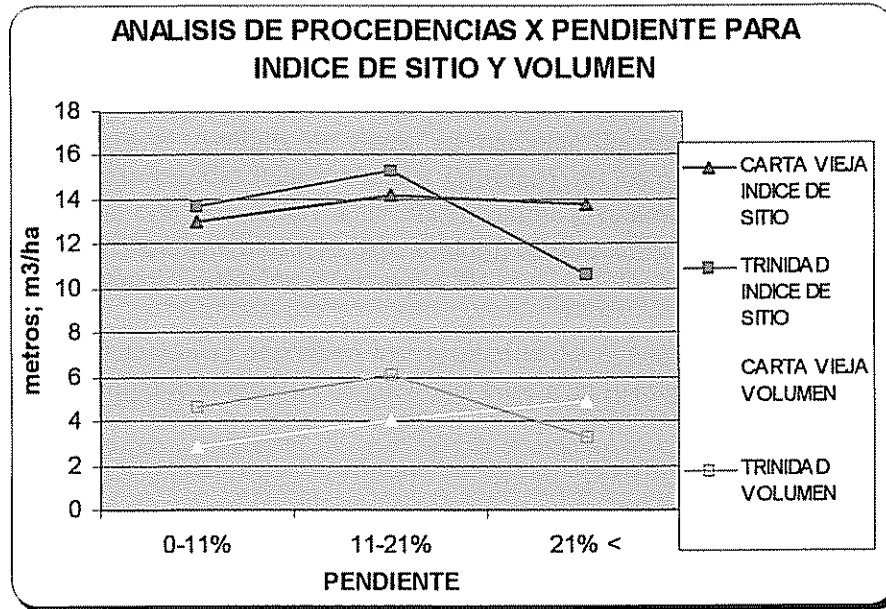
Grafico 10. Análisis de procedencias por pendiente, para DAP y Área Basal.



De acuerdo al grafico 11, puede apreciarse, de manera similar al grafico anterior; que las variables silvícolas: Índice de Sitio (IS), y Volumen, tienen un comportamiento similar de acuerdo a la pendiente y por influencia de la procedencia; esto es, que la procedencia de Trinidad fue superior a Carta Vieja en pendientes de 0-11% y de 11-21%; y que Carta Vieja tuvo un mejor desempeño que Trinidad en pendientes de 21% en adelante, para estas dos variables silvícolas bajo análisis.

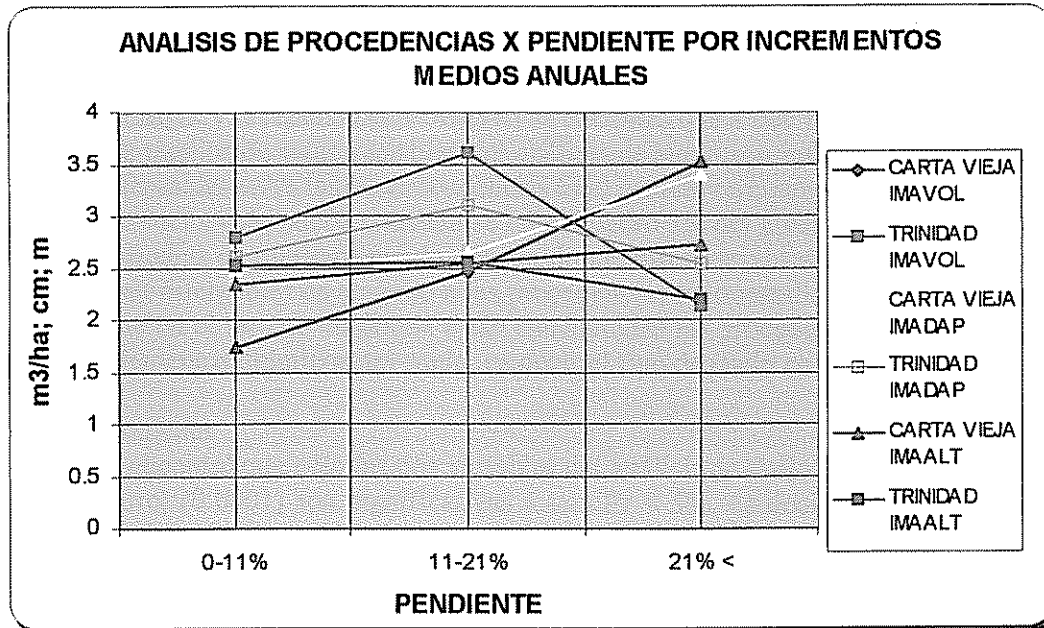


Grafico 11. Análisis de procedencias por pendiente para IS y Volumen



De acuerdo al grafico 12; puede notarse que al igual que en los resultados apreciados de los gráficos anteriores, en el comportamiento de los Incrementos Medios Anuales, para Altura, DAP, y Volumen; la procedencia de Trinidad tiene un mayor y mejor desempeño que la de Carta Vieja a pendientes bajas (0-11% y 11-21%); mientras la Carta Vieja se comporta mejor que la de Trinidad a pendientes mas altas (>21%).

Grafico 12. Análisis de procedencia por pendiente para Incrementos Medios Anuales



## 4.3 ANALISIS DE SUELO

### 4.3.1 ANALISIS DE VARIANZA

Mediante el programa SAS (Proc GLM), se realizo el Análisis de Varianza (ANDEVA) para el Análisis de Suelo en parcelas de monitoreo (PPM), con dos procedencias bajo estudio (Carta Vieja y Trinidad); en los cuales se utilizo un modelo de efectos fijos, con dos criterios de clasificación (Tratamiento y Pendiente); y para cada variable del análisis de suelo bajo estudio, se determino la significancia a una  $Pr < 5\%$  en sus fuentes de variación (Ver anexo 7).

A continuación se describen los resultados del el análisis de varianza para cada variable que compone el análisis de suelo, en base a su fuente de variación:

#### 1) Modelo

En cuanto a las variables del análisis de suelo: PH, Al (Aluminio), Ca (Calcio), Mg (Magnesio), Zn (Zinc), Mn (Manganeso), Cu (Cobre), Fe (Hierro), MO (Materia Orgánica), la relación Ca/Mg, la relación Ca/K, y la relación Mg/K; el modelo propuesto, no fue significativo ( $> .0001$ ) a una  $Pr < 5\%$ . Y solo en las variables del análisis de suelo: K (Potasio) (0.0292), P (Fósforo) (0.0011) y la relación (Ca+Mg)/K (0.0566), estas resultaron significativas a una  $Pr < 5\%$ .

#### 2) Procedencias

De acuerdo a esta fuente de variación, en los resultados obtenidos se encontró que solo en la variable Materia Orgánica (MO), del análisis de suelo, hubo diferencias entre procedencias (0.0428); esto es, que los valores medios obtenidos en esta variable del análisis de suelo son diferentes entre las dos procedencias (Carta Vieja y Trinidad). Esto es posible apreciarlo en el cuadro 15, del análisis por procedencia a través de medias de mínimos cuadrados. Para las demás variables del análisis de suelo bajo estudio: PH, Al (Aluminio), Ca (Calcio), Mg (Magnesio), K (Potasio), P (Fósforo), Zn (Zinc), Mn (Manganeso), Cu (Cobre), Fe (Hierro), la relación Ca/Mg, la relación Ca/K, la relación Mg/k y la relación (Ca+Mg)/K; se encontró que a una  $Pr < 5\%$ , se acepta que los valores medios de estas variables del análisis de suelo son iguales, es decir, que no existen diferencias entre las las procedencias bajo estudio en cuanto a estas variables del análisis de suelo; esto puede constatarse en el cuadro 15, del análisis por procedencia a través de medias de mínimos cuadrados, en donde estas variables del análisis de suelo, no muestran diferencias de acuerdo a las procedencias bajo estudio. Por lo que se puede deducir que en el terreno en donde están establecidas las procedencias, tiene el mismo nivel de elementos químicos del suelo, es decir el tipo de suelo es el mismo.

#### 3) Pendiente

Se encontró que solo las dos variables del análisis de suelo: K (Potasio) (0.0486) y P (Fósforo) (0.0001) son significativas a una  $Pr < 5\%$ , es decir, se rechaza que los valores medios de estas dos variables del análisis de suelo sean iguales a diferentes pendientes, o bien, existen diferencias en el análisis de suelo para K (Potasio) y P (Fósforo) en tres pendientes bajo estudio; esto puede constatarse en el cuadro 16, del análisis de medias de mínimos cuadrados, en donde estas variables silvícolas bajo estudio muestran diferencias a diferentes tipos de pendiente. En cuanto a las otras variables del análisis de suelo: PH, Al (Aluminio), Ca (Calcio), Mg (Magnesio), Zn

(Zinc), Mn (Manganeso), Cu (Cobre), Fe (Hierro), MO (Materia Orgánica), la relación Ca/Mg, la relación Ca/K, la relación Mg/k; y la relación (Ca+Mg)/K (0.0566), estas resultaron no significativas a una  $Pr < 5\%$ ; es decir, se encontró que los valores medios en estas variables del análisis del suelo son iguales, lo que implica que no hay diferencias en estas variables del análisis de suelo entre los diferentes tipos de pendiente (0-11%, 11-21% y  $<21\%$ ). En el cuadro 16, del análisis por pendiente a través de medias de mínimos cuadrados puede apreciarse esta situación.

#### 4) Interacción Procedencia \* Pendiente

En cuanto al análisis de esta fuente de variación, en todas las variables del análisis de suelo (elementos químicos del suelo) bajo estudio, los valores medios de sus niveles en el suelo fueron iguales, a una  $Pr < 5\%$ ; es decir, que no se encontraron o no hubo diferencias entre las procedencias (Carta Vieja y Trinidad) a diferentes tipos de pendientes (0-11%, 11-21% y  $<21\%$ ) para estas variables del análisis del suelo; en el anexo 8, del análisis procedencia\* pendiente a través del análisis de medias de mínimos cuadrados puede apreciarse esto. Solo en las relaciones: Ca/K (0.0585) y (Ca+Mg)/K (0.0523) se encontró que son significativas a una  $Pr < 5\%$ , es decir, se rechaza que los valores medios de estas dos relaciones cationicas derivadas del análisis de suelo sean iguales a diferentes pendientes y entre las dos procedencias, o bien, existen diferencias en los valores (niveles de concentración) medios, en estas dos relaciones cationicas del análisis de suelo en tres pendientes bajo estudio y en las dos procedencias; esto puede constatare en el anexo 8, del análisis de medias de mínimos cuadrados.

#### 4.3.2 MEDIAS DE MINIMOS CUADRADOS

De acuerdo a la información del análisis de suelo, obtenida a través de puntos de muestreo, a 500 metros en toda la plantación, tanto en forma longitudinal, como latitudinal (cuadrícula), y a una profundidad de 0-20 cm; encontrados tanto dentro como cercanos a las parcelas permanentes de monitoreo. Se determino mediante el procedimiento de SAS, LSMEANS, las medias de mínimos cuadrados para cada elemento químico bajo el presente estudio, por procedencia y por pendiente.

En base a una tabla de interpretación de suelos del MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería) de Costa Rica, se determino el nivel de cada elemento químico dentro del análisis de suelo. Ver cuadro 14.

**Cuadro 14.**

Cuadro de guía de interpretación para análisis de suelos

GUIA PARA LA INTERPRETACIÓN DE ANALISIS DE SUELOS				
ELEMENTOS		BAJO	MEDIO	ALTO
Me/100 ml suelo	PH	5.0	5.5 - 6.5	7.0
	Al	< 0.3	0.3	1.5
	Ca	4.0	4.0 - 20.0	20.0
	Mg	1.0	1.0 - 10.0	10.0
	K	0.2	0.2 - 1.5	1.5
Ug/ml suelo	P	10.0	10.0 - 40.0	40.0
	Mn	5.0	5.0 - 50.0	50.0
	Zn	3.0	3.0 - 15.0	15.0
	Cu	1.0	1.0 - 20.0	20.0
	Fe	10.0	10.0 - 50.0	50.0
Porcentaje %	MO	1.5	1.5 - 4	4
ELEMENTOS		DESBALANCE	BALANCE	DESBALANCE
RELACIONES CATIONICAS	Ca / Mg	2.0	2.0 - 5.0	5.0
	Mg / K	2.5	2.5 - 15.0	15.0
	(Ca + Mg) / K	10.0	10.0 - 40.0	40.0
	Ca / K	5.0	5.0 - 25.0	25.0

FUENTE: Ministerio de Agricultura y Ganadería; Costa Rica. Laboratorio de Suelos, 1982.

Como puede apreciarse en el cuadro 15, y de acuerdo a la guía de interpretación de análisis de suelo (Cuadro 14), las dos procedencias bajo estudio (Carta Vieja y Trinidad), están ubicadas en parcelas o terrenos con PH ácidos ( $>5.5$ ), con niveles fuertes de aluminio (Al) (0.3-1.5), Hierro (Fe) ( $<50$ ), y Materia Orgánica (MO) ( $<4$ ); niveles aceptables de Calcio (Ca), Magnesio (Mg) (1-10), Potasio (K) (0.2-1.5), Zinc (Zn) (3-15), Manganeseo (Mn) (5-50) y Cobre (Cu) (1-20); y niveles bajos de Fósforo (P) (10-40). En cuanto a sus relaciones cationicas; la relación Ca/Mg presenta un desbalance ("bajo",  $> 2$ ); lo cual significa que para que alcance un balance la relación, será necesario aumentar la cantidad de Calcio (Ca) en el suelo; en cuanto a las otras tres relaciones restantes (Mg/K, (Ca+Mg)/k, y Ca/K), estas presentan desbalances ("altos",  $< 25$ ,  $< 15$ ,  $< 40$ , respectivamente); esto, dado que los niveles de Potasio (K) son muy bajos, por lo que para que exista un balance es necesario aumentar los niveles de este elemento en el suelo.

**Cuadro 15.**

Interpretación del análisis de suelo, para los principales elementos del suelo en las parcelas de monitoreo de procedencias de Teca (PPM), en dos procedencias de teca.; para rangos: bajos, aceptable y altos.

PROCEDENCIA	CARTA VIEJA		TRINIDAD	
	$\bar{Y} \pm EEM$	RANGO	$\bar{Y} \pm EEM$	RANGO
PH*	5.03 ± 0.12 a	ACIDO	4.99 ± 0.08 a	ACIDO
Al*	0.77 ± 0.55 b	ACEPTABLE	1.16 ± 0.35 a	ALTO
Ca*	12.90 ± 1.71 b	ACEPTABLE	14.36 ± 1.10 a	ACEPTABLE
Mg*	8.90 ± 1.13 a	ACEPTABLE	9.38 ± 0.73 a	ACEPTABLE
K*	0.19 ± 0.05 a	ACEPTABLE	0.30 ± 0.03 a	ACEPTABLE
P*	2.66 ± 0.23 a	BAJO	2.61 ± 0.15 a	BAJO
Zn*	4.46 ± 1.15 a	ACEPTABLE	4.85 ± 0.74 a	ACEPTABLE
Mn*	27.75 ± 8.74 a	ACEPTABLE	21.57 ± 5.63 a	ACEPTABLE
Cu*	5.33 ± 0.79 a	ACEPTABLE	5.16 ± 0.51 a	ACEPTABLE
Fe*	55.41 ± 12.37 a	ALTO	52.72 ± 7.96 a	ALTO
MO*	4.80 ± 0.41 a	ALTO	3.98 ± 0.26 b	ACEPTABLE
Ca/Mg*	1.60 ± 0.21 a	DESBALANCE ↓	1.64 ± 0.13 a	DESBALANCE ↓
Ca/K*	101.32 ± 22.89 a	DESBALANCE ↑	71.73 ± 14.73 b	DESBALANCE ↑
Mg/K*	70.28 ± 18.74 a	DESBALANCE ↑	51.55 ± 12.06 b	DESBALANCE ↑
(Ca+Mg)/K*	171.60 ± 38.17 a	DESBALANCE ↑	123.29 ± 24.57 b	DESBALANCE ↑

a,b,c,... Medias con distinta literal en fila, son diferentes (p<0.05)

\* PH= Potencial Hidrógeno, en me/100ml suelo; Al= Aluminio, en me/100ml suelo; Ca= Calcio, en me/100ml suelo; Mg= Magnesio, en me/100ml suelo; K= Potasio, en me/100ml suelo; P= Fosforo, en ug/100ml suelo; Zn= Zinc, en ug/100ml suelo; Mn= Manganeseo, en ug/100ml suelo; Cu= Cobre, en ug/100ml suelo; Fe= Hierro, en ug/100ml suelo; MO= Materia Organica, en % porcentaje; Ca/Mg= Calcio/Magnesio, en me/100ml suelo; Ca/K= Calcio/Potasio; en me/100ml suelo; Mg/K= Magnesio/Potasio, en me/100ml suelo; (Ca+Mg)/K= Calcio+Magnesio/Potasio, en me/100ml suelo.

En cuanto al análisis de suelo de acuerdo a pendiente (cuadro 16), puede apreciarse que no existen grandes diferencias en cuanto a niveles de elementos químicos en el suelo por efecto de la pendiente; sin embargo puede hacerse notar que a una mayor pendiente, hay un aumento en el PH y el Magnesio (Mg); y que a menor pendiente existe un mayor nivel de Aluminio (Al), Fósforo (P), Hierro (Fe) y Materia Orgánica (MO). Los elementos Calcio (Ca) y Potasio (K), alcanzan niveles mayores de concentración en las pendientes de 0-11% y de >21%; mientras que el Cobre (Cu), Zinc (Zn) y Manganeseo (Mn), alcanzan sus mayores niveles a una pendiente de 11-21%.

**Cuadro 16.**

Interpretación del análisis de suelo, para los principales elementos del suelo en las parcelas de monitoreo de procedencias de Teca (PPM), de acuerdo a pendiente; para rangos: bajos, aceptable y altos.

PENDIENTE	0-11%		11-21%		21% <	
ELEMENTOS	$\bar{Y} \pm EEM$	RANGO	$\bar{Y} \pm EEM$	RANGO	$\bar{Y} \pm EEM$	RANGO
PH*	4.71 ± 0.15a	ACIDO	5.11 ± 0.10a	ACIDO	5.20 ± 0.12a	ACIDO
Al*	1.35 ± 0.66a	ALTO	1.12 ± 0.46a	ALTO	0.43 ± 0.55b	ACEPTABLE
Ca*	14.50 ± 2.06a	ACEPTABLE	11.61 ± 1.46b	ACEPTABLE	14.77 ± 1.72a	ACEPTABLE
Mg*	8.06 ± 1.36b	ACEPTABLE	8.34 ± 0.96b	ACEPTABLE	11.02 ± 1.14a	ALTO
K*	0.30 ± 0.06a	ACEPTABLE	0.16 ± 0.04b	BAJO	0.28 ± 0.05a	ACEPTABLE
P*	3.71 ± 0.28a	BAJO	2.21 ± 0.20b	BAJO	2.0 ± 0.23b	BAJO
Zn*	3.25 ± 1.38b	ACEPTABLE	5.56 ± 0.97a	ACEPTABLE	5.16 ± 1.15a	ACEPTABLE
Mn*	18.28 ± 10.52b	ACEPTABLE	29.42 ± 7.43a	ACEPTABLE	26.27 ± 8.80a	ACEPTABLE
Cu*	3.50 ± 0.95b	ACEPTABLE	6.64 ± 0.67a	ACEPTABLE	5.60 ± 0.80a	ACEPTABLE
Fe*	70.75 ± 14.88a	ALTO	47.28 ± 10.52b	ALTO	44.17 ± 12.45b	ALTO
MO*	4.56 ± 0.50a	ALTO	4.47 ± 0.35a	ALTO	4.15 ± 0.42a	ALTO
Ca/Mg*	1.81 ± 0.25a	DESBALANCE ↓	1.55 ± 0.18a	DESBALANCE ↓	1.51 ± 0.21a	DESBALANCE ↓
Ca/K*	51.90 ± 27.53c	DESBALANCE ↑	86.50 ± 19.47b	DESBALANCE ↑	121.17 ± 23.03a	DESBALANCE ↑
Mg/K*	29.66 ± 22.54c	DESBALANCE ↑	63.04 ± 15.94b	DESBALANCE ↑	90.04 ± 18.86a	DESBALANCE ↑
(Ca+Mg)/K*	81.57 ± 45.91c	DESBALANCE ↑	149.55 ± 32.46b	DESBALANCE ↑	211.21 ± 38.41a	DESBALANCE ↑

a,b,c,... Medias con distinta literal en fila, son diferentes ( $p < 0.05$ )

\* PH= Potencial Hidrógeno, en me/100ml suelo; Al= Aluminio, en me/100ml suelo; Ca= Calcio, en me/100ml suelo; Mg= Magnesio, en me/100ml suelo; K= Potasio, en me/100ml suelo; P= Fosforo, en ug/100ml suelo; Zn= Zinc, en ug/100ml suelo; Mn= Manganeso, en ug/100ml suelo; Cu= Cobre, en ug/100ml suelo; Fe= Hierro, en ug/100ml suelo; MO= Materia Organica, en % porcentaje; Ca/Mg= Calcio/Magnesio, en me/100ml suelo; Ca/K= Calcio/Potasio; en me/100ml suelo; Mg/K= Magnesio/Potasio, en me/100ml suelo; (Ca+Mg)/K= Calcio+Magnesio/Potasio, en me/100ml suelo.

De acuerdo al anexo 8 y 9; en el análisis de suelo considerando las dos procedencias y la pendiente; el comportamiento en los niveles de los elementos químicos, fueron similares al mostrado en los cuadros 15 y 16; obteniéndose las mismas conclusiones anteriores.

#### 4.4 ANÁLISIS DE CORRELACIÓN CANÓNICA.

El análisis de correlación canónica permite establecer las interrelaciones que existen entre dos conjuntos de variables, en este caso las relacionadas con el suelo y aquellas como un vector resultante denominado plantación de teca; por lo que para determinar las:

“INTERRELACIONES ENTRE CARACTERÍSTICAS DEL SUELO Y COMPORTAMIENTO DE LA POBLACION DE TECA”

Se seleccionaron las principales variables explicativas de las mismas, mediante un análisis de correlación previa; obteniéndose para plantación de teca, 8 variables y para el de análisis del suelo, 9 variables; esto en un total de 72 parcelas bajo estudio.

PLANTACION DE TECA	8
ANALISIS DE SUELO	9
PARCELAS	72

##### 4.4.1. Medias y desviaciones estándar para las variables involucradas en el Análisis Canónico.

Como se puede observar en el Cuadro 17; en cuanto a las variables relacionadas con el comportamiento de la plantación de teca (*Tectona grandis l.f.*), se puede apreciar que existe un incremento significativo (IMA) en las alturas de los árboles de teca de un año a otro, independientemente de la procedencia de 1.20 metros; así mismo se puede notar que existe un diámetro promedio de 4.32 cm, un volumen promedio de 4.71 m<sup>3</sup>/ha, y una área basal cercana a 2 m<sup>2</sup>/ha en la plantación de teca. El Índice de Sitio, que es un indicador de la calidad del sitio en donde se encuentra la plantación es de aproximadamente 13 metros.

En cuanto a las variables del suelo; es importante hacer notar que la mayoría de los tipos de suelo de las áreas bajo estudio son de color rojizo, con alto contenido de elementos ferrosos, y con una exposición al intemperismo muy fuerte (ECOS; 1999); por lo que esto puede explicar que el suelo presente un P<sup>H</sup> ácido (4.84 ? 0.04); con altos niveles de aluminio (Al) (1.57 ? 0.19) y Hierro (Fe) (52.11 ? 3.13) (MAG; 1982); lo cual refleja que una práctica de manejo común en la plantación, es agregar cal para propiciar una tendencia a la alcalinidad.

También se puede notar que los niveles de Potasio (K) (0.27 ? 0.02) y de Fósforo (P) (2.27 ? 0.08) son bajos (MAG; 1982); lo cual indica que es necesario determinar los niveles de incorporación de estos elementos que propicien una mayor fertilidad al área (tipos de suelo) donde se encuentra la plantación de teca.. Los niveles de Calcio (Ca) (14.46 ? 0.46), Magnesio (Mg) (10.04 ? 0.31) y Manganeso (Mn) (40.94 ? 3.83) son aceptables (MAG; 1982). La pendiente de aproximadamente 16 grados, indica que la plantación se sitúa en pequeñas colinas o lomeríos no muy pronunciados principalmente.

Cuadro 17. Medias y desviaciones estándar de las variables relacionadas con el suelo y las de comportamiento de la plantación de teca.

Variable	N	Media	Desviación Estándar	Coficiente Variación	Mínimos	Máximos
VARIABLES DE LA PLANTACIÓN DE TECA						
ALTURA2*	72	3.8527778	0.1363217	30.0232290	0.8000000	7.0000000
ALTDOM1*	72	3.8416667	0.1668749	36.8584874	1.3000000	7.4000000
ALTDOM2*	72	5.3680556	0.1683347	26.6086511	1.4000000	8.4000000
DAP*	72	4.3263889	0.1527012	29.9490565	2.3000000	10.6000000
IS*	72	12.6941667	0.5488854	36.6896639	4.2400000	24.5400000
VOL*	72	4.7127778	0.3917527	70.5344453	0.2600000	21.6600000
ABASAL*	72	1.9111111	0.1696973	75.3451295	0.1000000	9.2000000



VARIABLES DEL SUELO						
PH*	72	4.8458333	0.0489697	8.5748286	4.3000000	5.9000000
AL*	72	1.5791667	0.1941101	104.3005265	0.1500000	6.0000000
FE*	72	52.1111111	3.1389045	51.1109571	23.0000000	146.0000000
CA*	72	14.4694444	0.4687939	27.4913698	2.7000000	27.9000000
P*	72	2.2777778	0.0820851	30.5787034	2.0000000	4.0000000
MN*	72	40.9444444	3.8398031	79.5756551	3.0000000	88.0000000
K*	72	0.2752778	0.0264797	81.6220634	0.0600000	1.0100000
MG*	72	10.0416667	0.3153528	26.6475397	3.9000000	15.9000000
PEND*	72	15.9305556	1.1152883	59.4049260	2.0000000	60.0000000

\*ALTURA1= 1era medición en metros (2000); Altura2= 2da medición en metros (2001); ALTDOM1= Altura dominante de la 1era medición en metros (2000); ALTDOM2= Altura dominante de la 2da medición, en metros (2001); DAP= Diámetro a la altura del pecho, en cm; IS= Índice de Sitio, en metros; VOL= Volumen en m<sup>3</sup>/ha; ABASAL= Area Basal en m<sup>2</sup>/ha; PH= Potencial Hidrógeno, en me/100 ml suelo; AL= Aluminio, en me/100 ml suelo; FE= Hierro, en ug/100 ml suelo; Ca= Calcio, en me/100 ml suelo; P= Fósforo, en ug/100 ml suelo; Mn= Manganeso en ug/100 ml suelo; K= Potasio, en me/100ml suelo; Mg= Magnesio, en me/100 ml suelo; y PEND= Pendiente en porcentaje (%).

#### 4.4.2. Análisis de correlación entre las variables de un mismo conjunto bajo estudio.

En el cuadro 18, podemos observar que la magnitud de los coeficientes de correlación para las variables de plantación de teca (*Tectona grandis Lf.*) son muy altos (mayores a 70 %) y positivos; en donde el Índice de Sitio (IS), tiene una alta correlación positiva con la Altura de la 1era medición (92%), la Altura de la 2da medición (83%), la Altura dominante de la 1era medición (99%) y la Altura dominante de la segunda medición (91%); lo que denota una fuerte influencia de estas variables en la determinación de la calidad de sitio de la plantación.

Por otro lado se puede apreciar también que el Volumen tiene una alta correlación con el Área Basal (98%) y el DAP (80%), así como estas últimas variables con el Volumen.

Cuadro 18. Correlaciones entre variables de PLANTACION DE TECA (R<sub>xx</sub>).

VARIABLES	ALTURA1	ALTURA2	ALTDOM1	ALTDOM2
ALTURA1	1.0000	0.9077	0.9239	0.8037
ALTURA2	0.9077	1.0000	0.8346	0.8739
ALTDOM1	0.9239	0.8346	1.0000	0.9105
ALTDOM2	0.8037	0.8739	0.9105	1.0000
DAP	0.8446	0.8395	0.7841	0.7579
IS	0.9230	0.8344	0.9997	0.9117
VOL	0.7079	0.7023	0.7431	0.7448
ABASAL	0.7234	0.7010	0.7570	0.7383
VARIABLES	DAP	IS	VOL	ABASAL
ALTURA1	0.8446	0.9230	0.7079	0.7234
ALTURA2	0.8395	0.8344	0.7023	0.7010
ALTDOM1	0.7841	0.9997	0.7431	0.7570
ALTDOM2	0.7579	0.9117	0.7448	0.7383
DAP	1.0000	0.7830	0.8065	0.8582
IS	0.7830	1.0000	0.7413	0.7550
VOL	0.8065	0.7413	1.0000	0.9834
ABASAL	0.8582	0.7550	0.9834	1.0000



En el cuadro 19, podemos observar que la magnitud de los coeficientes de correlación son relativamente bajos en su mayoría (menores de 50 %), sin embargo, algunos son significativos. El PH se correlaciona negativamente con el contenido de todos los elementos del suelo bajo análisis, principalmente con el aluminio (73%) y el manganeso (80%); es decir, que en la medida que el PH del suelo se vuelve mas ácido (disminuye), los niveles (principalmente) de aluminio y manganeso aumentan. En cuanto a la pendiente se puede notar que existe una correlación positiva con el PH, esto es, que a mayor pendiente mayor PH (o tendencia a la alcalinidad).

Cuadro 19. Correlaciones entre variables de SUELO (Ryy).

	PH	AL	FE	CA	P
PH	1.0000	-0.7303	-0.1455	-0.3597	-0.1614
AL	-0.7303	1.0000	0.3040	0.1795	-0.0636
FE	-0.1455	0.3040	1.0000	-0.1775	0.4144
CA	-0.3597	0.1795	-0.1775	1.0000	-0.0254
P	-0.1614	-0.0636	0.4144	-0.0254	1.0000
MN	-0.8004	0.6877	-0.0968	0.3785	-0.3295
K	0.0950	-0.2926	-0.1088	-0.0302	0.0661
MG	-0.2982	0.0282	-0.2959	0.3150	-0.3116
PEND	0.5481	-0.4331	0.0552	-0.2442	-0.2705
	MN	K	MG	PEND	
PH	-0.8004	0.0950	-0.2982	0.5481	
AL	0.6877	-0.2926	0.0282	-0.4331	
FE	-0.0968	-0.1088	-0.2959	0.0552	
CA	0.3785	-0.0302	0.3150	-0.2442	
P	-0.3295	0.0661	-0.3116	-0.2705	
MN	1.0000	-0.0037	0.4572	-0.4541	
K	-0.0037	1.0000	0.1812	-0.1063	
MG	0.4572	0.1812	1.0000	-0.0101	
PEND	-0.4541	-0.1063	-0.0101	1.0000	

#### 4.4.3 Análisis de correlación entre las variables de los dos conjuntos bajo estudio (Suelo y Plantación de Teca).

En el cuadro 20, podemos observar al igual que en el cuadro anterior (19, de Suelo), que la magnitud de los coeficientes de correlación entre las variables de la plantación de teca con las de suelo son relativamente bajas (menores de 50 %), sin embargo, se pueden analizar algunas interrelaciones que nos arrojan información valiosa y objetiva; como por ejemplo: las variables relacionadas con la respuesta de la plantación, se puede observar que todas muestran una correlación negativa con la pendiente; esto es que a un PH mas ácido (menor), existe menos incremento en todas la variables silvícolas bajo estudio, reflejándose mas claramente en el Índice de Sitio (IS) (31%); del mismo modo la pendiente tiene un comportamiento similar al PH, y solo con el Diámetro a la altura del pecho (DAP), este tiene una correlación positiva; por lo que esto significa que a menor pendiente, hay un incremento en las variables silvícolas bajo estudio, y en cuanto al DAP, a mayor pendiente, mayor es el DAP.

Cuadro 20.

Análisis de correlación entre las variables de PLANTACION DE TECA y de SUELO (Rxy)

	PH	AL	FE	CA	P
ALTURA1	-0.2195	0.2586	-0.0192	0.1808	0.1432
ALTURA2	-0.0077	0.0566	-0.0111	0.1119	0.0095
ALTDOM1	-0.3159	0.3473	-0.0947	0.2432	0.0881
ALTDOM2	-0.1169	0.1671	-0.1262	0.1761	-0.0193
DAP	-0.0436	0.0416	-0.1009	0.0762	0.1260
IS	-0.3114	0.3429	-0.0976	0.2440	0.0891
VOL	-0.2213	0.1030	-0.2736	0.1888	0.0982
ABASAL	-0.2391	0.1341	-0.2383	0.1658	0.1036
	MN	K	MG	PEND	
ALTURA1	0.0737	-0.3275	-0.1520	-0.1848	
ALTURA2	-0.0113	-0.1570	-0.0869	-0.0195	
ALTDOM1	0.2336	-0.1974	-0.0644	-0.2540	
ALTDOM2	0.1622	0.0054	0.0050	-0.0972	
DAP	-0.0521	-0.1748	0.0156	0.0031	
IS	0.2300	-0.1962	-0.0668	-0.2483	
VOL	0.1879	0.1985	0.1871	-0.2599	
ABASAL	0.1936	0.1187	0.2080	-0.2457	

#### 4.4.4 Análisis e Interpretación de Correlación Canónica entre las variables de los dos conjuntos bajo estudio (Suelo y Plantación de Teca).

Como puede apreciarse en el cuadro 21; el valor de la primera correlación canónica ( $r$ ) es la que presenta el valor mas alto y es igual a 86%, por lo que únicamente este valor será considerado en el presente análisis. Este valor explica la relación que existe entre las variables de Plantación de Teca con las variables de Suelo.

Cuadro 21. Determinación del coeficiente de correlación ( $r$ )

## Análisis de Correlación Canónica

N°	Correlación Canónica	Correlación Canónica Ajustada	Error Estándar Aproximado	Correlación Canónica Cuadrada
1	0.861374	0.814811	0.030623	0.741966
2	0.828122	0.805939	0.037290	0.685786
3	0.703871	0.655299	0.059881	0.495434
4	0.512685	0.411576	0.087484	0.262846
5	0.412711	0.357974	0.098464	0.170330
6	0.180617	.	0.114807	0.032622
7	0.117257	.	0.117046	0.013749
8	0.099529	.	0.117503	0.009906

En el cuadro 22; se pueden notar las diferentes pruebas estadísticas para determinar si la correlación canónica es significativa; por lo que a través de la prueba de Wilks' Lambda, se puede

apreciar que SI se rechaza la hipótesis nula ( $H_0 = \rho_1 = \rho_2 = \rho_3 = 0$ ) a un nivel de significancia de 99% ( $\alpha = 0.001$ ).

Cuadro 22. Prueba de Hipótesis y determinación del valor de F

Estadística Multivariada y Aproximaciones de F

S=8 M=0 N=26.5

Prueba Estadística	Valor	Valor F	N*GL	Den GL	Pr > F
Wilks' Lambda	0.02363442	4.04	72	342.13	<.0001
Pillai's Trace	2.41263871	2.97	72	496.00	<.0001
Hotelling-Lawley Trace	6.65943297	4.95	72	202.25	<.0001
Roy's Greatest Root	2.87545419	19.81	9	62.00	<.0001

Como se puede apreciar en el cuadro 23, para cada conjunto de variables perteneciente tanto a Plantación de Teca como a Suelo, se determinaron sus Coeficientes Canónicos Estandarizados; mismos que se presentados en la figura 4, que demuestra la relación existente entre ambos conjuntos de variables.

Cuadro 23. Coeficientes Canónicos Estandarizados

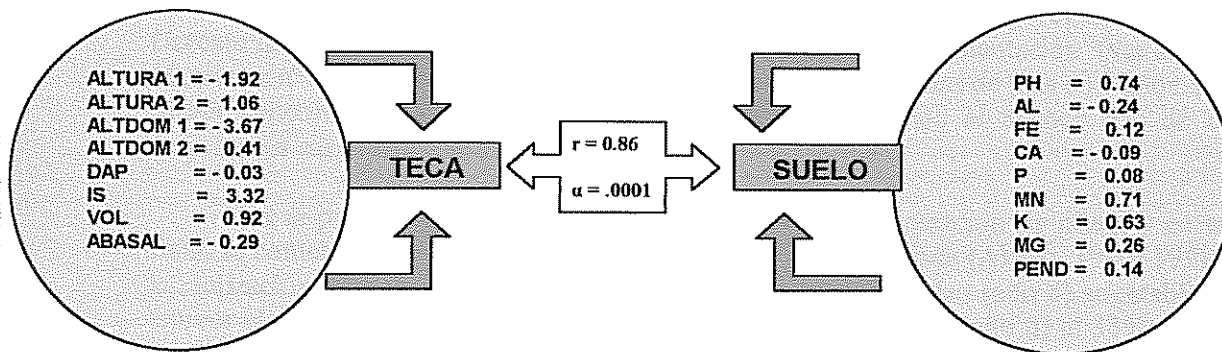
Análisis de Correlación Canónica

Coeficientes Canónicos Estandarizados para variables de PLANTACION DE TECA								
VAR	TECA1	TECA2	TECA3	TECA4	TECA5	TECA6	TECA7	TECA8
ALTURA1	-1.9219	0.5420	0.9363	1.8814	0.7660	5.6647	2.5115	-1.7271
ALTURA2	1.0642	-1.5015	-2.2229	-1.6432	-1.1912	-3.7479	0.3103	0.5579
ALTDOM1	-3.6779	-0.5599	-20.2149	1.0475	-5.4310	17.5258	-18.4263	29.1152
ALTDOM2	0.4134	0.3744	1.1014	1.5347	2.5496	4.5391	1.2703	-0.2143
DAP	-0.0351	-0.5729	2.5563	0.0791	-0.5321	-0.7027	-1.6860	1.5161
IS	3.3291	1.0213	19.2558	-3.6145	4.4598	-23.4363	15.5785	-27.8604
VOL	0.9293	1.6261	4.0595	-4.0507	-3.3776	0.2408	-2.0559	1.8481
ABASAL	-0.2900	-0.5491	-5.2805	4.8112	2.8300	-0.2662	3.2270	-2.5871
Coeficientes Canónicos Estandarizados para variables de SUELO								
VAR	SUELO1	SUELO2	SUELO3	SUELO4	SUELO5	SUELO6	SUELO7	SUELO8
PH	0.7471	-0.1622	0.3593	0.5087	1.8094	0.8451	1.7672	-0.0637
AL	-0.2423	0.7156	0.5694	0.4483	0.8428	0.9142	-0.2783	1.0978
FE	0.1247	-0.7976	-0.8719	-0.2239	-0.0976	0.0205	0.0589	-0.1667
CA	-0.0948	0.0513	0.1869	-0.5988	-0.0030	-0.4007	0.4371	0.4634
P	0.0832	0.4745	0.8937	0.8057	0.8545	0.1888	0.7928	-0.8373
MN	0.7184	0.0114	-0.0114	0.0710	1.9420	-0.3233	1.2615	-1.6969
K	0.6391	0.5132	0.1209	-0.3876	-0.1219	0.3170	-0.4972	0.1529
MG	0.2618	-0.0307	-0.2773	1.1018	-0.1049	-0.0365	0.2039	0.5412
PEND	0.1438	0.0297	0.9129	0.0741	0.6872	-0.4912	-0.6325	-0.2331

En la figura 4; se presenta la máxima correlación canónica, existente entre dos conjuntos de variables a través de sus coeficientes canónicos estandarizados; de acuerdo a la información obtenida y al análisis entre los dos conjuntos datos, puede verse que existe una correlación canónica

( r ) entre los dos conjuntos de 86% , la cual es estadísticamente significativa (  $P > F = 0.0001$  ); y demuestra que existe una relación que a una mayor pendiente ( 14% ), existen incrementos mayores en los niveles de PH (Alcalinidad) ( 74% ), Magnesio (Mg) ( 26% ), Manganeso (Mn) ( 71% ) y Potasio (K) ( 63% ); incrementos menores en fósforo (P) ( 8% ) y Hierro (Fe) ( 12% ); y una relación negativa (inversa) fuerte con el aluminio (Al) ( 24% ) y una relación negativa (inversa) menor con calcio (Ca) ( 9% ); esto a su vez se relaciona muy significativamente con un incremento en Altura 2 (medición 2001) ( 106% ), Altura dominante 2 (Altdom 2; medición 2001) ( 41% ), Índice de Sitio (IS) ( 332% ), y Volumen (Vol) ( 92% ); pero tiene también una relación negativa (inversa) muy significativa con Altura 1 (medición 2000) ( 192% ) y Altura dominante 1 (Altdom 1, medición 2000) ( 367% ); además de una relación negativa no muy significativa con Area Basal (Abasal) ( 29% ) y Diámetro a la altura del pecho (DAP) ( 3% ).

Figura 4. Análisis de Correlación Canónica



Por otro lado, de los coeficientes canónicos estandarizados, se determinan los vectores canónicos explicativos para cada conjunto de variables; esto es:

$$V = \text{TECA}$$

$$W = \text{SUELO}$$

Por lo tanto:

$$V = -1.92 \text{ ALTURA1} + 1.06 \text{ ALTURA2} - 3.67 \text{ ALTDOM1} + 0.41 \text{ ALTDOM2} - 0.03 \text{ DAP} + 3.32 \text{ IS} + 0.92 \text{ VOL} - 0.29 \text{ ABASAL}$$

$$W = 0.74 \text{ PH} - 0.24 \text{ AL} + 0.12 \text{ FE} - 0.09 \text{ CA} + 0.08 \text{ P} + 0.71 \text{ MN} + 0.63 \text{ K} + 0.26 \text{ MG} + 0.14 \text{ PEND}$$

## 4.5 ANALISIS FINANCIERO

El análisis financiero fue elaborado a través del uso del programa EXCEL, el cual es una hoja de cálculo que provee las herramientas necesarias para realizar el presente análisis. Los aspectos financieros que se presentan han sido desarrollados tomando en consideración todas las labores y actividades desarrolladas en el proyecto de reforestación en su fase inicial (dos primeros años) y proyectados a 25 años (que es el turno estimado de la plantación de *Tectona grandis L.f.*) a valor presente.

En los anexos se presentan una serie de cuadros descriptivos, en donde se puede apreciar la forma en que se estimaron el número de jornales necesarios en el establecimiento y mantenimiento de la plantación; los costos de operación del proyecto; el crecimiento de la plantación; cortas e ingresos; y finalmente el flujo de fondos del proyecto y su rentabilidad esperada a través de los principales indicadores financieros.

En cuanto al cronograma físico del plan de reforestación, proporcionado por el Gerente de operaciones; en lo referente a la programación de la plantación (ver anexo 10, punto n° 1), se tiene contemplada la reforestación de 3,500 has de teca en 5 años. En forma concordante el presente análisis se realizó de acuerdo al avance real de la empresa en sus dos primeros años.

En el punto n° 2, del anexo 10, referente a la programación de raleos y corta final, se contemplo de acuerdo a la tabla de rendimiento utilizada (Alfaro, 1990; 1998) la realización de tres raleos y una corta final; durante el 1er raleo (año 4) se establece extraer el 40% de los árboles por hectárea; en el segundo raleo (año 8) el 33%; en el tercer raleo (año 12) el 50%; dejando un total de 220 árboles para la corta final en el año 25. El presente análisis considero esta programación.

En el punto n° 3, del anexo 10; referente al rendimiento pronosticado por hectárea, y de acuerdo a la tabla de rendimiento utilizada (Alfaro, 1990; 1998) se estipula que en el año 4, se realice el primer raleo de refinamiento, en el que se extraiga un volumen de 9.7 m<sup>3</sup>/ha, el cual dado sus cortas dimensiones y su calidad sea vendido como leña; en el año 8, en que se realiza el tercer raleo se espera obtener un volumen de 33.9 m<sup>3</sup>/ha, del cual se estima que un 30% es comercial; para el año 12, se espera obtener un volumen de 67 m<sup>3</sup>/ha, del cual se estima que el 40% es comercial; y en la corta final (año 25) se espera obtener un volumen de 180 m<sup>3</sup>/ha, del que se estima que el 60% es de tipo comercial.

En el anexo 10, en los puntos 4 y 5 se detalla el cronograma de operaciones de establecimiento y mantenimiento de la plantación planeado por la empresa (Gerente de operaciones y Jefe de plantación), que contribuyeron al desarrollo del presente análisis.

En el punto n° 6 del anexo 10, se presenta a detalle el número de jornales por hectárea requeridos para el establecimiento y manejo de la plantación de teca; estos no incluyen los correspondientes a capataces, encargados y técnicos. Esta información fue consultada al Gerente de operaciones y al Jefe de plantación, así como fue corroborada a través de referencias bibliográficas (Reiche, 1991).

A partir del punto n° 7 del anexo 10, se presenta a detalle los costos involucrados del proyecto, los cuales fueron obtenidos por la administración de la empresa (Gerente financiero). En base a los jornales por hectárea determinados en el punto 6 del mismo anexo y las etapas de establecimiento de la plantación a lo largo de dos años; se determinaron los jornales utilizados anualmente.

El precio del jornal de \$ 7.2 US Dlls, es el establecido por la empresa y fue el valor que se utilizó para el cálculo del costo anual y del cual, adicionalmente se consideraron las cargas sociales (40%).

La proyección de egresos tiene en cuenta dicho costo de jornales; los sueldos de administración de la finca que incluye capataces, técnicos forestales, encargados de campo, contabilidad de campo y oficinistas; y de la oficina central (ubicada en Amador) que contempla la gerencia general, la gerencia operativa, la gerencia de ecoeficiencia, la contabilidad central y la asesoría externa. Los demás costos (insumos, vehículos, infraestructura, maquinaria y equipo, alquiler de tierras, plantones, etc.) se encuentran detallados a pie de página en el punto 7 del anexo 10.

En el punto 8, del anexo 10; se detalla la proyección de crecimiento, cortas e ingresos esperados para la teca a partir de dos años; para ello se adaptó como base una tabla de rendimiento por hectárea de Alfaro (1990; 1998), de acuerdo a la tendencia de crecimiento mostrada de la plantación en sus dos primeros años, y tomando en cuenta las opiniones de la gerencia de operación del proyecto al respecto. Los precios de la madera fueron establecidos por metro cúbico, de acuerdo al precio internacional (FAO, 1999) y por consulta con expertos; estos fueron de \$ 200 US Dlls/ m<sup>3</sup> para madera proveniente de los aclareos en los años 8 y 12, y de \$ 500 US Dlls/ m<sup>3</sup> para madera de la corta a final del turno. En base a esto, y al cronograma de establecimiento, se establecieron los volúmenes de corta e ingresos.

Finalmente en el punto 9 del anexo 10; utilizando el flujo de egresos e ingresos (puntos 7 y 8, del anexo 10), se calcularon los principales indicadores financieros, en base a una tasa real de 6%, que se obtuvo de la siguiente manera:

Tasa Bancaria Pasiva en Panamá (Banco Central de Panamá, 2001) = 8%

Tasa de Inflación ( Banco Nacional de Panamá, 2001) = 2%

Tasa Real =  $\frac{1 + i_{int}}{1 + i_{inf}} - 1$ ; donde  $i_{int}$  es tasa de interés, y  $i_{inf}$  es tasa de inflación.

Que para este caso es de:

$$\text{Tasa Real} = \frac{1 + .08}{1 + .02} - 1 = 6\%$$

#### 4.5.1 INDICADORES FINANCIEROS

Como puede apreciarse en el cuadro 24, de Indicadores Financieros:

El Valor Actual Neto (VAN), en el presente análisis empleando una tasa real del 6% fue de \$ 8'342,419; este valor es el ingreso neto que obtiene la empresa del proyecto cubriendo los costos del proyecto y el costo de oportunidad del capital a valor presente. El criterio para aceptar un proyecto desde el punto de vista financiero es que posea un VAN positivo.

La Tasa Interna de Retorno (TIR), en el presente análisis empleando una tasa real del 6%; fue del 12%; lo que indica que 12% es el interés máximo que podría pagar el proyecto, recuperando la inversión y los costos de operación; es decir, es la tasa de interés en la que los costos descontados son iguales a los ingresos descontados, o donde el VAN (Valor Actual Neto) es igual a cero.

Si comparamos la TIR del proyecto con el costo de oportunidad del capital; el proyecto se acepta ya que la TIR obtenida (12%) es mayor que el costo de oportunidad del capital, que en este caso es la tasa de interés bancaria pasiva (8%).

Así mismo es importante mencionar que la TIR obtenida en el presente trabajo, es menor a las obtenidas por Alfaro (1990 y 1998) y Oviedo (1997) en Costa Rica que varían del 18.8 al 33%; sin embargo FAO (2000), establece que el intervalo de la tasa interna de rentabilidad a nivel mundial varía de 11 a 25%.

En cuanto a la Relación Beneficio/Costo (RB/C), que es la relación obtenida de dividir el valor actual del flujo de ingresos entre el valor actual del flujo de costos; se utilizó una tasa real del 6%. El valor para el presente análisis fue de 2 y el criterio para que este índice sea aceptable y con ello el proyecto, es que sea mayor que uno; para este caso fue de 2, lo que significa que por cada unidad que se invirtió, se ganaron 2 unidades en el proyecto.

El Valor Esperado de la Tierra (VET), es el máximo valor que se puede pagar por la tierra para dedicarla a una actividad en particular, y este valor se deriva de la calidad, cantidad y precio de los productos, que esta tierra puede producir, y de los costos incurridos en su producción. En el presente proyecto el VET fue de 2'350,386; y dados los criterios financieros que establecen que si el valor del VET es mayor a el precio actual de la tierra (precio corriente, en base a la capacidad de producción de esa tierra o al precio en que se mueve en el mercado), significa que esta se encuentra valorada por debajo de su valor real y que el proyecto promete un retorno mayor al costo de capital; que para este caso es así, ya que el costo de renta de la tierra es de 40 dfls por hectárea al año y su valor especulativo en la zona es de 200 dfls por hectárea.

Sin embargo es importante aclarar que dado que los terrenos en que se estableció la plantación de *Tectona grandis L.f.* son arrendados por el gobierno de Panamá, el valor del VET es mucho mayor que si la empresa hubiera comprado los terrenos y se estuvieran depreciando.

El costo promedio obtenido por hectárea en 25 años (a valor presente) fue de 6,521 US Dfls; lo que significa que por año el costo sería de 260 US Dfls, por mes de 22 US Dfls, y por árbol plantado al año de 0.32 US Dfls.

El ingreso bruto promedio obtenido por hectárea en 25 años (Valor Presente) fue de 15,078 US Dlls; lo que significa que por año el ingreso bruto sería de 603 US Dlls, por mes de 50 US Dlls, y por árbol plantado al año de 0.24 US Dlls.

El Ingreso neto promedio obtenido por hectárea en 25 años (Valor Presente) fue de 8,556 US Dlls; lo que significa que por año el ingreso bruto sería de 342 US Dlls, por mes de 29 US Dlls, y por árbol plantado al año de 0.32 US Dlls.

En cuanto a los Indicadores del Retorno de los Factores de Producción; se puede apreciar que:

El retorno de la mano de obra, fue de 16.22 US Dlls; lo que significa que de la ganancia total actualizada, restando el costo de la mano de obra a valor presente; 16.22 Us Dlls corresponderían o retornarían a cada jornal empleado durante 25 años; es decir, 16.22 US Dlls sería la retribución generada por la mano de obra o por cada jornal empleado que debería retornarse a través de las ganancias de la empresa.

El retorno de la Tierra, fue de 8,556 Us Dlls; esto significa que cada hectárea generó u obtuvo un ingreso neto actualizado de 8,556 Us Dlls.

El retorno del Capital, fue de 12%; esto significa que 12%, es tasa de rendimiento o de rentabilidad de la empresa; es decir, 12% es la tasa de rendimiento de la inversión que tiene la empresa en la plantación de teca, obtenida a través de la ganancia actualizada (VAN).

Cuadro 24. Principales Indicadores Financieros Obtenidos en el Presente Análisis.

INDICADORES FINANCIEROS	VALOR OBTENIDO A TASA REAL (6%)
Valor Actual Neto (VAN)	8'342,419 US Dlls
Tasa Interna de Retorno (TIR)	12%
Relación Beneficio / Costo (RB/C)	2.3
Valor Esperado de la Tierra (VET)	2'350,386 US Dlls
Costo por Hectárea en 25 años	6,521 US Dlls
Ingreso Bruto por Hectárea en 25 años	15,078 US Dlls
Ingreso Neto por Hectárea en 25 años	8,556 US Dlls
<b>RETORNO DE LOS FACTORES DE LA PRODUCCIÓN</b>	
Mano de Obra	16.22 US Dlls
Tierra	8,556 US Dlls
Capital	12%



## 4.6 ANALISIS DE SENSIBILIDAD

El análisis de sensibilidad se desarrollo a partir de la proyección financiera de la plantación de Teca (*Tectona grandis L.f.*) bajo estudio.

Se analizó el comportamiento de la plantación ante variaciones en el incremento porcentual de los costos totales; costos por mano de obra por ser los que mas inciden en la estructura de costos de la empresa bajo estudio (38%); y por incrementos y decrementos en la productividad esperada. Bajo los criterios descritos en la metodología, se realizaron incrementos porcentuales de 20% en los costos de mano de obra empleada; del 5% en los costos totales de la plantación; y para el caso de la productividad esperada de la plantación se realizo un incremento y un decremento del 20% a partir de la proyección financiera base de la plantación (ver anexo 10).

Esto, para analizar hasta que nivel la empresa tiene estabilidad financiera; es decir, para determinar cual es el punto de corte o equilibrio que tiene la empresa en sus indicadores financieros mas importantes: TIR (Tasa Interna de Retorno), VAN (Valor Actual Neto), RBC (Relación Beneficio/Costo), VET (Valor Esperado de la Tierra), RTMO (Retorno de la Mano de Obra), RTK (Retorno del Capital), RSOIL (Retorno de la Tierra), CT X HA (Costo Total por Hectárea) e IT X HA (Ingreso Total por Hectárea).

### 4.6.1 Análisis de Sensibilidad a partir del Costo de Mano de Obra

A partir de variaciones porcentuales del 20% en el Costo de la Mano de Obra empleada de la empresa (que representa el 38% de los costos totales de la empresa), y manteniendo los demás costos sin variar; se puede apreciar (Ver anexo 11), que la empresa alcanza sus valores de corte o críticos (FAO, 1985) hasta un aumento del 340%; en ese nivel, el valor de la TIR (Tasa Interna de Retorno) de la empresa tiene un valor igual a la de la Tasa Real de descuento, y el valor de la RBC (Relación Beneficio-Costo) es igual a uno; por lo que un aumento mayor en los costos por mano de obra, hace que el valor del VAN (Valor Actual Neto) que es el indicador de la ganancia actualizada (descontada a Valor Presente) de la empresa, sea negativa.

Es importante hacer notar que la empresa deja de ser una opción rentable para cualquier inversionista a partir de un aumento del 70% en los costos de mano de obra; esto, porque la TIR adquiere un valor de 10%, lo cual dado el nivel de riesgo que tiene invertir en una plantación, y el rendimiento que presenta el invertir en un instrumento financiero en cualquier banco panameño con una tasa bancaria del 8%; hace que sea mas viable y saludable meter el dinero al banco y dejar de lado la opción de invertir en esta actividad forestal (FAO, 1995).

Por otro lado la empresa deja de tener un desempeño holgado en su manejo administrativo y financiero, a partir de un aumento del 130% en los costos por mano de obra; ya que en ese nivel el costo actualizado de la mano de obra es mayor al VAN (ganancia actualizada); lo que refleja un valor del RTMO (Retorno en Mano de Obra) negativo (Ver anexo 11), que significa que a ese nivel la empresa ya no tiene ganancias para retribuir a su mano de obra, sino que simplemente cubre sus costos; es decir paga salarios y cargas sociales, pero ya no existen utilidades generadas de sus ganancias para repartirlas entre su mano obra; o bien a ese nivel la mano de obra ya no genera ganancias, después de haber cubierto sus costos (Murcia, 1974).

#### 4.6.2 Análisis de Sensibilidad a partir del Costo Total

A partir de variaciones porcentuales del 5% en los Costos Totales de la empresa (Ver anexo 12); se puede apreciar que la empresa alcanza su punto de corte o crítico (FAO, 1985), hasta un aumento del 20%; en ese nivel, el valor de la TIR (Tasa Interna de Retorno) de la empresa tiene un valor igual a la de la Tasa Real de descuento, y el valor de la RBC (Relación Beneficio-Costo) es igual a uno; por lo que un aumento mayor en los costos totales, hace que el valor del VAN (Valor Actual Neto) que es el indicador de la ganancia actualizada (descontada a Valor Presente) de la empresa, sea negativo.

Es importante hacer notar que la empresa deja de ser una opción rentable para cualquier inversionista a partir de un aumento del 12% en los costos totales; esto, porque la TIR adquiere un valor de 10%, lo cual dado el nivel de riesgo que tiene invertir en una plantación, y el rendimiento que presenta el invertir en un instrumento financiero en cualquier banco panameño con una tasa bancaria del 8%; hace que sea más viable y saludable meter el dinero al banco y dejar de lado la opción de invertir en esta actividad forestal (FAO, 1995).

Por otro lado la empresa deja de tener un desempeño holgado en su manejo administrativo y financiero, a partir de un aumento del 18% en los costos por mano de obra; ya que en ese nivel el costo actualizado de la mano de obra es mayor al VAN (ganancia actualizada); lo que refleja un valor del RTMO (Retorno en Mano de Obra) negativo (Ver anexo 12), que significa que a ese nivel la empresa ya no tiene ganancias para retribuir a su mano de obra, sino que simplemente cubre sus costos; es decir paga salarios y cargas sociales, pero ya no existen utilidades generadas de sus ganancias para repartirlas entre su mano obra; o bien a ese nivel la mano de obra ya no genera ganancias, después de haber cubierto sus costos (Murcia, 1974).

#### 4.6.3 Análisis de Sensibilidad en base a Productividad Esperada

Dada la incertidumbre existente en el comportamiento de la plantación por su corta edad (2 años) a futuro (25 años) en la planificación hecha por la empresa, se hace necesario determinar el nivel de estabilidad financiera de la empresa ante cambios en la productividad esperada para conocer la rentabilidad de la misma.

Es así que tomando como base la proyección financiera (ver anexo 10) hecha en el presente estudio, a través del ajuste de una tabla de crecimiento lo más apegada al crecimiento de la plantación (Alfaro, 1990) y con base a criterios forestales para el análisis de sensibilidad en cuanto a la variación porcentual a establecer (Ugalde, 2000 y FAO, 1980); se determinó que a partir de variaciones porcentuales del 20% (incrementos y decrementos) en la productividad esperada de plantación (Ver anexo 13); puede apreciarse que al realizarse un incremento del 20%, la empresa tiene un aumento significativo en la TIR (Tasa Interna de Retorno) del 13.35%, un VAN (Valor Actual Neto) de 11'282,576 US Dlls, y una RBC (Relación Beneficio-Costo) cercana a 3, por lo que esto la hace todavía muy rentable.

Al realizarse una simulación con un decremento en 20%, la empresa obtiene una TIR (Tasa Interna de Retorno) de 10.34%, un VAN (Valor Actual Neto) de 5'402,261 US Dlls, y una RBC (Relación Beneficio-Costo) de 1.85; por lo que a pesar de esta reducción productiva reflejada en un volumen comercial de 116 m<sup>3</sup>, el proyecto de plantación de teca sigue siendo rentable con ciertas consideraciones para el inversionista, ya que dado el nivel de riesgo de la plantación, este decide si invierte su

dinero en otra actividad con una tasa de rentabilidad mayor, o bien lo invierte en algún instrumento financiero con una tasa de rentabilidad similar a la de este proyecto bajo estudio.

Por otro lado es importante mencionar que la empresa alcanza su punto de corte o crítico (FAO, 1985), a partir de una disminución del 58% de la productividad esperada en la plantación; ya que en este nivel, el valor de la TIR (Tasa Interna de Retorno) de la empresa tiene un valor igual a la de la Tasa Real de descuento, y el valor de la RBC (Relación Beneficio-Costo) es igual a uno; por lo que un aumento mayor en los costos totales, hace que el valor del VAN (Valor Actual Neto) que es el indicador de la ganancia actualizada (descontada a Valor Presente) de la empresa, sea negativo.

Puede apreciarse también que la empresa deja de tener un desempeño holgado en su manejo administrativo y financiero, a partir de una disminución del 40% en la productividad de la plantación; ya que en ese nivel el costo actualizado de la mano de obra es mayor al VAN (ganancia actualizada); lo que refleja un valor del RTMO (Retorno en Mano de Obra) negativo (Ver anexo 13), que significa que a ese nivel la empresa ya no tiene ganancias para retribuir a su mano de obra, sino que simplemente cubre sus costos; es decir paga salarios y cargas sociales, pero ya no existen utilidades generadas de sus ganancias para repartirlas entre su mano obra; o bien a ese nivel la mano de obra ya no genera ganancias, después de haber cubierto sus costos (Murcia, 1974).

Por último vale la pena comentar que en este análisis; la simulación en la productividad esperada de la plantación bajo estudio, que parte de una proyección financiera base, en la cual se le ajustó una tabla de rendimiento (Alfaro, 1990; 1998) de acuerdo al comportamiento de la plantación en 2 años; permitió analizar en tres escenarios los comportamientos posibles de la plantación y la rentabilidad esperada: en uno base (que fue el utilizado en el presente estudio), uno bajo y uno alto; ya que por contar con 2 años es difícil predecir ese comportamiento.

## 5. CONCLUSIONES

Las Conclusiones del presente trabajo son las siguientes:

En cuanto al Análisis de Crecimiento:

- De acuerdo al análisis de varianza, en los experimentos de procedencias se puede apreciar que existieron a nivel general diferencias significativas ( $Pr < 0.0001$ ) entre procedencias (Carta Vieja, Trinidad y Tanzania) en lo concerniente al modelo y las fuentes de variación de Bloque y Sitio; sin embargo a nivel de Tratamiento y de la Interacción de Tratamiento x Sitio no se encontraron diferencias significativas entre procedencias.
- De acuerdo al análisis de varianza, en las parcelas de monitoreo permanente, a nivel general no se encontraron diferencias significativas ( $Pr < 0.0001$ ) entre las 2 procedencias bajo estudio (Carta Vieja y Trinidad).
- En cuanto al análisis de varianza del estudio de suelo, a nivel general no se encontraron diferencias significativas ( $Pr < 0.0001$ ) entre los niveles de los elementos químicos en el suelo con la ubicación de las parcelas permanentes de monitoreo de las dos procedencias bajo estudio (Carta Vieja y Trinidad); solo los niveles de Potasio (K) y Fósforo (P), variaron a nivel de pendiente.
- En cuanto a los experimentos de procedencias, puede apreciarse que en el análisis del comportamiento entre las procedencias para las variables silvícolas: Altura 1 (medición 2000), Altura 2 (medición 2001), Altdom 1 (Altura dominante, 2000), Altdom2 (Altura dominante, 2001), Supervivencia 1 (2000), Supervivencia 2 (2001), e IMAALT (Incremento medio anual para altura), se obtuvieron los mejores resultados en Carta Vieja y Tanzania; así mismo en cuanto a las variables silvícolas: DAP (Diámetro a la altura del pecho), IS (Índice de Sitio), ABASAL (Área Basal), Volumen, IMAVOL (Incremento medio anual para volumen) e IMADAP (Incremento medio anual para DAP), los mejores resultados se obtuvieron en Tanzania.
- Por lo que a nivel general, entre las tres procedencias, en el análisis de experimentos, la de mejor desempeño fue Tanzania, seguida por Carta Vieja y Trinidad, respectivamente.
- En cuanto al análisis por pendiente, en los experimentos de procedencias; de acuerdo a las principales variables silvícolas bajo estudio; puede apreciarse que las variables: Altura 1 (medición 2000), Altura 2 (medición 2001), Altdom 1 (Altura dominante, 2000), Altdom 2 (Altura dominante, 2001), DAP (Diámetro a la altura del pecho), IS (Índice de Sitio), ABASAL (Área Basal), IMAALT (Incremento medio anual para altura) e IMADAP (Incremento medio anual para DAP); los mejores resultados se obtuvieron a una pendiente de 8%; y solo las variables de Volumen, IMAVOL (Incremento medio anual para volumen), Supervivencia 1 (2000), y Supervivencia 2 (2001), se obtuvieron los mejores resultados a una pendiente de 12%. Por lo que se puede ver, que los mejores desempeños en cuanto a variables silvícolas, se realizan a pendientes bajas.

- En cuanto al análisis de experimentos de procedencias por pendiente, se puede apreciar que la procedencia que mejores resultados arroja en cuanto a desempeño en las variables silvícolas bajo estudio a mayor pendiente (25%), es la procedencia de Carta Vieja; y la que mejor se comporta a menores pendientes (8 y 12%) es Tanzania.
- De acuerdo al análisis de efectos fijos en parcelas permanentes de monitoreo puede apreciarse que en la comparación entre las dos procedencias (Carta Vieja y Trinidad), para cada variable silvícola bajo estudio; no hubo –en general– diferencias en cuanto al desempeño de las dos procedencias de acuerdo a las variables silvícolas estudiadas; solo puede notarse que Carta Vieja fue superior a Trinidad en las variables silvícolas: Altura 2 (medición 2000) y ALTDOM 1 (Altura Dominante, 2000); y a su vez, Trinidad fue superior a Carta vieja en las variables de ABASAL (Área Basal) y Volumen.
- Dentro del análisis de efectos fijos de acuerdo al análisis de procedencia por pendiente se puede apreciar que el mayor desempeño de las procedencias en base a las variables silvícolas bajo estudio, se obtuvo en pendientes con un rango de 11-21%.
- Asimismo, en base a este análisis, de las dos procedencias por pendiente puede apreciarse, que la procedencia de Carta Vieja fue la que mejor desempeño tuvo de acuerdo a las variables silvícolas bajo estudio, en pendientes mayores a 21%; sin embargo Trinidad supero a Carta Vieja en los rangos de pendiente de 0-11% y de 11-21%.
- De acuerdo al análisis de suelo, las dos procedencias bajo estudio (Carta Vieja y Trinidad), están ubicadas en parcelas o terrenos con PH ácidos (>5.5), con niveles fuertes de aluminio (Al) (0.3-1.5), Hierro (Fe) (<50), y Materia Orgánica (MO) (<4); niveles aceptables de Calcio (Ca), Magnesio (Mg) (1-10), Potasio (K) (0.2-1.5), Zinc (Zn) (3-15), Manganeso (Mn) (5-50) y Cobre (Cu) (1-20); y niveles bajos de Fosforo (P) (10-40). En cuanto a sus relaciones cationicas; la relación Ca/Mg presenta un desbalance (“bajo”, > 2); lo cual significa que para que alcance un balance la relación, será necesario aumentar la cantidad de Calcio (Ca) en el suelo; en cuanto a las otras tres relaciones restantes (Mg/K, (Ca+Mg)/k, y Ca/K), estas presentan desbalances (“altos”, < 25, < 15, < 40, respectivamente); esto, dado que los niveles de Potasio (K) son muy bajos, por lo que para que exista un balance es necesario aumentar los niveles de este elemento en el suelo.
- En cuanto al análisis de suelo de acuerdo a pendiente, puede apreciarse que no existen grandes diferencias en cuanto a niveles de elementos químicos en el suelo por efecto de la pendiente; sin embargo puede hacerse notar que a una mayor pendiente, hay un aumento en el PH y el Magnesio (Mg); y que a menor pendiente existe un mayor nivel de Aluminio (Al), Fósforo (P), Hierro (Fe) y Materia Orgánica (MO). Los elementos Calcio (Ca) y Potasio (K), alcanzan niveles mayores de concentración en las pendientes de 0-11% y de >21%; mientras que el Cobre (Cu), Zinc (Zn) y Manganeso (Mn), alcanzan sus mayores niveles a una pendiente de 11-21%.

- Se puede observar que la magnitud de los coeficientes de correlación para las variables de plantación de teca (*Tectona grandis L.f.*) son muy altos (mayores a 70 %) y positivos; en donde el Índice de Sitio (IS), tiene una alta correlación positiva con la Altura de la 1era medición (92%), la Altura de la 2da medición (83%), la Altura dominante de la 1era medición (99%) y la Altura dominante de la segunda medición (91%); lo que denota una fuerte influencia de estas variables en la determinación de la calidad de sitio de la plantación. Por otro lado se puede apreciar también que el Volumen tiene una alta correlación con el Área Basal (98%) y el DAP (80%) , así como estas últimas variables con el Volumen.
- Se puede observar que la magnitud de los coeficientes de correlación son relativamente bajos en su mayoría (menores de 50 %), sin embargo, algunos son significativos. El PH se correlaciona negativamente con el contenido de todos los elementos del suelo bajo análisis, principalmente con el aluminio (73%) y el manganeso (80%); es decir, que en la medida que el PH del suelo se vuelve más ácido (disminuye), los niveles (principalmente) de aluminio y manganeso aumentan. En cuanto a la pendiente se puede notar que existe una correlación positiva con el PH, esto es, que a mayor pendiente mayor PH (o tendencia a la alcalinidad).
- En cuanto al análisis de correlación canónica puede apreciarse que existe una correlación canónica ( $r$ ) entre los dos conjuntos de variables (Suelo y Plantación de Teca) de 86% , la cual es estadísticamente significativa ( $P > F = 0.0001$ ); y demuestra que existe una relación que a una mayor pendiente (14%), existen incrementos mayores en los niveles de PH (Alcalinidad) (74%), Magnesio (Mg) (26%), Manganeso (Mn) (71%) y Potasio (K) (63%); incrementos menores en fósforo (P) (8%) y Hierro (Fe) (12%); y una relación negativa (inversa) fuerte con el aluminio (Al) (24%) y una relación negativa (inversa) menor con calcio (Ca) (9%); esto a su vez se relaciona muy significativamente con un incremento en Altura 2 (medición 2001) (106%), Altura dominante 2 (Altdom 2; medición 2001) (41%), Índice de Sitio (IS) (332%), y Volumen (Vol) (92%); pero tiene también una relación negativa (inversa) muy significativa con Altura 1 (medición 2000) (192%) y Altura dominante 1 (Altdom 1, medición 2000) (367%); además de una relación negativa no muy significativa con Área Basal (Abasal) (29%) y Diámetro a la altura del pecho (DAP) (3%).

#### **En cuanto al Análisis Financiero:**

- El Valor Actual Neto (VAN), en el presente análisis empleando una tasa real del 6% fue de \$ 8'342,419; este valor es el ingreso neto que obtiene la empresa del proyecto cubriendo los costos del proyecto a valor presente.
- La Tasa Interna de Retorno (TIR), en el presente análisis empleando una tasa real del 6%; fue del 12%; lo que indica que 12% es el interés máximo que podría pagar el proyecto, recuperando la inversión y los costos de operación; es decir, es la tasa de interés en la que los costos descontados son iguales a los ingresos descontados. Si comparamos la TIR del proyecto con el costo de oportunidad del capital; el proyecto se acepta ya que la TIR obtenida (12%) es mayor que el costo de oportunidad del capital, que en este caso es la tasa de interés bancaria

pasiva (8%). Así mismo es importante mencionar que la TIR obtenida en el presente trabajo, es menor a las obtenidas por Alfaro (1990 y 1998) y Oviedo (1997) en Costa Rica que varían del 18.8 al 33%; sin embargo FAO (2000), establece que el intervalo de la tasa interna de rentabilidad a nivel mundial varía de 11 a 25%.

- En cuanto a la Relación Beneficio/Costo (RB/C), que es la relación obtenida de dividir el valor actual del flujo de ingresos entre el valor actual del flujo de costos; se utilizó una tasa real del 6%. El valor para el presente análisis fue de 2 y el criterio para que este índice sea aceptable y con ello el proyecto, es que sea mayor que uno; para este caso fue de 2, lo que significa que por cada unidad que se invirtió, se ganaron 2 unidades en el proyecto.
- El Valor Esperado de la Tierra (VET), es el máximo valor que se puede pagar por la tierra para dedicarla a una actividad en particular, y este valor se deriva de la calidad, cantidad y precio de los productos, que esta tierra puede producir, y de los costos incurridos en su producción. En el presente proyecto el VET fue de 2'350,386; y dados los criterios financieros que establecen que si el valor del VET es mayor a el precio actual de la tierra (precio corriente, en base a la capacidad de producción de esa tierra o al precio en que se mueve en el mercado), significa que el proyecto promete un retorno mayor al costo de capital; que en este caso es así, ya que el costo de renta de la tierra es de 40 dlls por hectárea al año y su valor especulativo en la zona es de 200 dlls por hectárea. Sin embargo es importante aclarar que dado que los terrenos en que se estableció la plantación de *Tectona grandis L.f.* son arrendados por el gobierno de Panamá, el valor del VET es mucho mayor que si la empresa hubiera comprado los terrenos y se estuvieran depreciando.
- El costo promedio obtenido por hectárea en 25 años (a valor presente) fue de 6,521 US Dlls; lo que significa que por año el costo sería de 261 US Dlls, por mes de 22 US Dlls, y por árbol plantado al año de 0.23 US Dlls.
- El ingreso bruto promedio obtenido por hectárea en 25 años (Valor Presente) fue de 15,078 US Dlls; lo que significa que por año el ingreso bruto sería de 603 Us Dlls, por mes de 50 US Dlls, y por árbol plantado al año de 0.54 US Dlls.
- El Ingreso neto promedio obtenido por hectárea en 25 años (Valor Presente) fue de 8,556 US Dlls; lo que significa que por año el ingreso bruto sería de 342 Us Dlls, por mes de 29 US Dlls, y por árbol plantado al año de 0.31 US Dlls.
- El retorno de la mano de obra, fue de 16.22 US Dlls; lo que significa que de la ganancia total actualizada, restando el costo de la mano de obra a valor presente; 16.22 US Dlls corresponderían o retornarían a cada jornal empleado durante 25 años; es decir, 16.22 US Dlls sería la retribución generada por la mano de obra o por cada jornal empleado que debería retornárseles a través de las ganancias de la empresa.
- El retorno de la Tierra, fue de 8,556 Us Dlls; esto significa que cada hectárea generó u obtuvo un ingreso neto actualizado de 8,556 Us Dlls.

- El retorno del Capital, fue de 12%; esto significa que 12%, es tasa de rendimiento o de rentabilidad de la empresa; es decir, 12% es la tasa de rendimiento de la inversión que tiene la empresa en la plantación de teca.
- En cuanto al Análisis de Sensibilidad, a partir de variaciones porcentuales del 20% en el Costo de la Mano de Obra empleada de la empresa (que representa el 38% de los costos totales de la empresa), y manteniendo los demás costos sin variar; se puede apreciar, que la empresa alcanza su valor crítico, hasta un aumento del 340%; en ese nivel, el valor de la TIR de la empresa tiene un valor igual a la de la Tasa Real de descuento, y el valor de la RB/C es igual a uno; por lo que un aumento mayor en los costos por mano de obra, hace que el valor del VAN que es el indicador de la ganancia actualizada (descontada a Valor Presente) de la empresa, sea negativa.
- La empresa deja de tener un desempeño holgado en su manejo administrativo y financiero, a partir de un aumento del 130% en los costos por mano de obra, sin variar los demás costos; y a partir de un aumento del 18% en los costos totales; ya que a ese nivel el costo actualizado de la mano de obra, es mayor al VAN (ganancia actualizada); lo que refleja un valor del Retorno en Mano de Obra negativo, que significa que a ese nivel la empresa ya no tiene ganancias para retribuir a su mano de obra, sino que simplemente cubre sus costos; es decir paga salarios y cargas sociales, pero ya no existen utilidades generadas de sus ganancias para repartirlas entre su mano obra
- A partir de variaciones porcentuales del 5% en los Costos Totales de la empresa, se puede apreciar que la empresa alcanza su valor crítico, hasta un aumento del 20%; en ese nivel, el valor de la TIR de la empresa tiene un valor igual a la de la Tasa Real de descuento, y el valor de la RB/C es igual a uno; por lo que un aumento mayor en los costos totales, hace que el valor del VAN que es el indicador de la ganancia actualizada (descontada a Valor Presente) de la empresa, sea negativa.
- A partir de variaciones porcentuales del 20% (incrementos y decrementos) en la productividad esperada de plantación, tomando como base la proyección financiera de la empresa, hecha en el presente estudio; puede apreciarse que al realizarse un incremento del 20%, la empresa tiene un aumento significativo en la TIR del 13.35%, un VAN de 11'282,576 US Dlls y una RB/C cercana a 3, por lo que esto la hace todavía muy rentable. Al realizarse una simulación con un decremento en 20%, la empresa obtiene una TIR de 10.34%, un VAN de 5'402,261 US Dlls, y una RB/C de 1.85; por lo que a pesar de esta reducción productiva reflejada en un volumen comercial de 116 m<sup>3</sup>, el proyecto de plantación de teca es rentable. Esta simulación en la productividad esperada de la plantación bajo estudio, que parte de una proyección financiera base, a la cual se le ajusto una tabla de rendimiento (Alfaro,1990;1998) de acuerdo al comportamiento de la plantación en 2 años; permite analizar en tres escenarios los comportamientos posibles de la plantación y su rentabilidad: en uno base (que fue el utilizado en el presente estudio), uno bajo y uno alto; ya que por contar con 2 años es difícil predecir ese comportamiento.



## 6. RECOMENDACIONES

- Dado que en el análisis en las PPM (Parcelas Permanentes de Monitoreo) no se encontraron diferencias significativas entre las procedencias, y que en el análisis de experimentos, existieron pequeñas diferencias entre Tanzania y Carta Vieja en cuanto al desempeño en las variables silvícolas bajo estudio; se considera que la mejor procedencia en estos dos años de evaluación, por ser una procedencia originaria de ahí y por razones económicas (precio y acceso a la semilla, costos inherentes a la importación de otras semillas de procedencias), de productividad y adaptabilidad a la zona del Canal de Panamá es Carta Vieja.
- Es fundamental como una estrategia empresarial productiva, rentable y sostenible, darle continuidad a este tipo de análisis, ya que esto permite monitorear la productividad de las diferentes procedencias que esta probando la empresa, y con ello evaluar la rentabilidad de sus plantaciones.
- Sería importante determinar la rentabilidad que existe por calidad de sitio, para diferenciar las áreas de mayor productividad, de las de menor productividad; pero para realizar esto será necesario que la empresa implante un mejor control de costos, adecuados a cada lote, áreas productivas y proyectos; para que esto sirva a la mejor toma de decisiones de la empresa, como parte de su propia planeación productiva.
- Es necesario que se desarrollen tablas de rendimiento de Teca (*Tectona grandis L.f.*) para Panamá; y que ECOFOREST, vaya desarrollando la suyas, a través del monitoreo de sus plantaciones.
- Las plantaciones de Teca (*Tectona grandis L.f.*) representan una opción viable y rentable para la promoción de su establecimiento no solo a nivel de grandes empresas, sino también para pequeños productores; para ello será necesario lograr el involucramiento conjunto de entidades del sector público y privado, a fin de desarrollar mayores proyectos de plantaciones, con los insumos y apoyos necesarios como son: organización, esquemas de asociación entre productores y empresarios, acceso a información técnica disponible, financiamiento, transferencia de tecnología y capacitación.

## 7. LITERATURA CITADA.

- Alfaro, M.M.A. 1990. Estudio de caso sobre rentabilidad y uso óptimo de recursos en plantaciones forestales en Costa Rica. Tesis M.sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica, 162 pp.
- ANAM, 1999. Estrategia Nacional del Ambiente-Recursos Forestales. Documento Técnico, ANAM, Panamá. 55 pp.
- ANAM-SAF, 1999. Guía Técnica para la Reforestación en Panamá. Documento Técnico, ANAM, Panamá. 20 pp.
- ANARAP, 1998. Informe Anual de Reforestación en Panamá. Documento Técnico. ANARAP, Panamá. 33 pp.
- ANCON.1995. Evaluación ecológica de la hidrografía del Canal de Panamá. Panamá. 98 p.
- ARI. 1998. Plan Regional para la Región Interoceánica. Panamá. Intercarib S.A.& Nathan Associates Inc. 320 pp.
- Baca, U.G. 1990. Evaluación de Proyectos. Ed. Mc Graw Hill. México, D.F. 284 pp.
- Betancourt, B.A. 1987. Silvicultura especial de árboles maderables Tropicales. Editorial Científico-Técnica; La Habana, Cuba. 342-356 pp.
- Bonilla, C. 1995. Proyecto de adaptabilidad de especies forestales nativas a suelos degradados del trópico húmedo en las Pavas, Panamá. Tesis de Licenciatura; EARTH, Guacimo, Costa Rica. 66 pp.
- Briscoe, C.B. y Nobles, R.W. 1969. Efecto de la poda en las plantaciones de teca. IFLAIC, 29: 29-34 pp.
- CEPAL, 1999. Anuario estadístico para América Latina y el Caribe. CEPAL; Santiago, Chile. 735 pp.
- Chaves, E. Fonseca, W. 1991. *Tectona grandis*, L.f. especie de árbol de uso múltiple de América Central. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 47 pp.
- Condit, R. et. al. 1996. Forest Monitoring in Panama Canal Watershed. Smithsonian Tropical Research Institute (STRI). Washington D.C. Ecosystem report on the Panamá Canal. 36p.
- Coss Bu. 1995. Análisis y Evaluación de Proyectos de Inversión. Ed. Limusa; México, D.F.; 369 pp.
- Croat, T. 1978. Flora of Barro Colorado Island. Standford University Press; Standford, California.

- De Konivck, M.E. 1973. Gramíneas. Editorial Universitaria, Guatemala.
- Dirección de Estadística y Censo, 2000. Indicadores Económicos 1999-2000. Contraloría General de la Republica. Panamá. 37 pp.
- FAO, 1980. Análisis Económico de Proyectos Forestales. FAO. Roma, Italia. 218 pp.
- FAO, 1985. Pautas para la preparación de proyectos de inversión. Documento Técnico n°1. Roma, Italia. 54 pp.
- FAO, 1995. Guía para el diseño de proyectos de inversión agrícola. Documento Técnico n° 7. Roma, Italia. 193 pp.
- FAO, 2000. Teak. Unasylya, N° 201. Roma, Italia. 65 pp.
- FAO, 2001. Situación de los bosques en el mundo. Boletín Informativo 01/61. Roma, Italia. 25 pp.
- FIRA. 1993. Evaluación Económica de Proyectos de Inversión. FIRA. Morelia, Mich. Boletín Informativo n° 253; 32 pp.
- FIRA. 1994. Actividad Forestal en México. FIRA. Morelia, Mich. Documento Técnico. 48 pp.
- FIRA. 1996. Plantaciones forestales comerciales. FIRA. Morelia, Mich. Vol. XXIX, Num. 285. 28 pp.
- FMI, 1997. Estadísticas Financieras Internacionales. FMI. Publication services. Washington D.C. EUA. 925 pp.
- Fors, A.J. 1932. Propagación sexual de *Tectona grandis*. Rev. Agr. 14 (2): 70-72 pp.
- Fors, A.J. 1938. La Madera de teca. Rev. Agr. 21(4): 24-32 pp.
- Fors, A.J. 1965. Las maderas cubanas. Ed. INRA, La Habana, Cuba; 182 pp.
- Galloway, G. 1997. El fomento de Plantaciones Forestales en América Central. Documento Técnico CATIE/COSUDE; CATIE, Turrialba, Costa Rica. 32 pp.
- Gómez, M. 2000. Análisis financiero del manejo de bosques. Documento técnico. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 35 pp.
- Guerra, G. 1982. Farm Management. IICA. San José, Costa Rica. 318 pp.
- Haig, I.T., Huberman, M.A. y Aung Din. 1959. Silvicultura Tropical. FAO, Roma; 208 pp.

- Henao, I. 1982. La Teca. Crónica Forestal y del Medio Ambiente. Volumen II, n° 2. Medellín, Colombia. 88 pp.
- Herrera, J.G.; Serrano, B.A. 2000. Análisis Estadístico de Experimentos Pecuarios. Colegio de Postgraduados; Montecillo, Edo.Mex. México. 119 pp.
- Herrera, J.L. 1996. Rentabilidad de la Ganadería Semiespecializada de la Zona Oriente del Estado de México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo (UACH). 105 pp.
- Holm, L.J. 1979. A geographical atlas of world weeds. Wiley, Interscience. New York.
- Hurtado, M. 1999. La Reforestación en Panamá. Documento Técnico. Panamá. 63 pp.
- Infante, S; Zarate, L.G. 1986. Métodos Estadísticos. Ed.Trillas. México, D.F. 643 pp.
- Keogh, M.R. 1975. El futuro de la teca en América Tropical. Revista Unasylya 31 (126): 13-19 pp.
- Leon, A.M. 1998. Condiciones socioeconómicas en el área del proyecto ECOFOREST, en el Lago Gatún; Panamá. Informe final. 31pp.
- Murcia, H. 1974. Administración y Planeación de Empresas Agropecuarias. IICA. N°112. Guatemala, Guatemala. 113 pp.
- Murcia, H. 1978. Administración de Empresas Asociativas de Producción Agropecuaria. IICA. San José, Costa Rica. 225 pp.
- Navarro, P.C.M. 1987. 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 Msc. CATIE; Turrialba, Costa Rica. 105 pp.
- Nunifu, T.; Murchison, H. 1998. Teak plantations in northern Ghana. Forest Ecology and Management. n° 120; pp 171-178.
- Oviedo, M.J. 1997. Determinación del turno optimo financiero y ambiental para cinco especies en plantaciones forestales de Costa Rica. Tesis Msc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 129 pp.
- Palencia, P.I. 2000. Problemas socioeconómicos y ambientales asociados a la paja canalera (*Saccharum spontaneum*) en la Cuenca del Canal de Panamá. Tesis Msc. CATIE; Turrialba, Costa Rica. 68 pp.
- Panje, R. 1970. The evolution of a weed. PANS; 16(4), 589-595
- Parry, M.S. 1957. Métodos de plantación de bosques en África Tropical. FAO, Roma; 334 pp.

- Pérez, L. 1995. Análisis Financiero de pequeños y medianos Proyectos de Inversión. IICA. San José, Costa Rica. 86 pp.
- PROCAFOR. 1990. Posibilidades para el desarrollo humano en comunidades forestales de Centroamérica. PROCAFOR. 33 pp.
- Prodan, M.et.al. 1997. Mensura Forestal .IICA; BMZ-GTZ. 586 pp.
- Raets, G.H. 1965. Informe preeliminar acerca del cultivo de *Tectona grandis* en la estación Barinitas, Venezuela. IFLAIC, 18: 29-40.
- Ramírez, C. 1999. Reforestación con semilla mejorada en Panamá. Documento Técnico CATIE-PROSEFOR; CATIE. Turrialba, Costa Rica. 47 pp.
- Recursos Naturales Tropicales (RNT) S.A. 1998. Evaluación de Impacto Ambiental del plan de reforestación, para las tierras de la fase II, del sector Oeste del Canal de Panamá. Informe final. 70 p
- Reiche, C; et al. 1991. Costos de cultivo de árboles de uso múltiple en América Central. Proyecto de cultivo de árboles de uso múltiple. Serie Técnica n° 182. CATIE/ROCAP, Turrialba, Costa Rica. 69 pp.
- Samuelson/Nordhaus. 1999. Economía. McGraw Hill; Décimo sexta edición. Madrid, España. 771 pp.
- Sarlin, P. 1966. El primer aclareo en las plantaciones de teca. Ed. INRA, La Habana, Cuba; 52 pp.
- Seminario Aumento de rentabilidad en plantaciones forestales: un reto ligado al uso de semillas de alta calidad (1998, San José, C.R.) .1998. Costos e Ingresos en Plantaciones de *Tectona grandis* L.f. en Costa Rica; memorias. Eds. M. Alfaro; M. Viñamizar. San José, Costa Rica. 120 pp.
- Steel, D.R.& Torrie,H.J. 1993. Bioestadística, principios y procedimientos. McGraw Hill, México D.F. 620 pp.
- Stearns, K.F.1990. Site index curves for teak in the limestone hill region of Puerto Rico. Working paper; Yale, Tropical Resources Institute. 46 pp.
- Tariel, J. 1958. Le Teak en Cote d'Ivoire. Bois et Forêts des Tropiques, 107: 27-48 pp.
- Tuomasjukka, T. 1996. Estado del Sector Forestal en Centroamérica. UICN. Moravia, Costa Rica. 30 pp.
- Ugalde, A.L. 1997. Resultados de 10 años de Investigación Silvicultural del Proyecto Madeleña en Costa Rica. Serie Técnica, Informe técnico n°290. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 160 pp.

- Ugalde, A.L. 1997. Resultados de 10 años de Investigación Silvicultural del Proyecto Madeleña en El Salvador. Serie Técnica, Informe técnico n°291. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 189 pp.
- Ugalde, A.L. 2000. El sistema MIRA. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 91 pp.
- Ugalde, A.L. 2000. Establecimiento de una red de parcelas para el monitoreo y evaluación de las plantaciones de ECOFOREST, Panamá.. Consultoría Técnica. 36 pp.
- Vaclav, E. and Skoupy, J. 1973. Growing of Teak (*Tectona grandis*, L.f.) in Bangladesh. *Silv.Trop.Subtr.* 2: 11-28 pp.
- Vallejos B.O. 1996. Productividad y relaciones del índice de sitio con variables fisiográficas, edafoclimáticas y foliares para *Tectona grandis* L.f, *Bombacopsis quinatum* (Jacq.Dugand) y *Gmelina arborea*. En Costa Rica. Tesis Msc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 147 pp.
- Van Horne, J. 1997. Administración Financiera. Prentice Hall Hispanoamericana. México, D.F. 858 pp.
- Vázquez, M.A. 1999. Estudio de suelos y determinación de la capacidad de uso de la tierra en el Proyecto Escobal (Globos sur, central y norte). Informe Técnico. San José, Costa Rica. 75 pp.
- Vázquez, W; Ugalde, L. 1995. Rendimiento y Calidad de Sitio para *Gmelina arborea*, *Tectona grandis*, *bombacopsis quinatum* y *Pinus caribea* en Guanacastle, Costa Rica. Serie Técnica n° 256. Proyecto Madeleña-3; CATIE; Turrialba, Costa Rica. 31 pp.
- Von Lindeman, G. 1986. Origen, establecimiento y problemas potenciales de la maleza *Saccharum spontaneum* en Panamá. Memorias del seminario "Taller de Malezas"; CATIE-MIP; Panamá. pp 339-343.
- Von Lindeman, G. 1987. Características de la *Saccharum spontaneum* " Una nueva maleza para el Continente Americano ". Memorias del seminario "Taller de Malezas"; AGMIP; Guatemala, C.A. pp 339-343.
- Whiteman, P.C. 1962. The biology of sugarcane. *Aust. Biol. Sci.* Vol. 16 (2); pp 416-428.

## 8. ANEXOS

### Anexo 1.

Análisis de Varianza (ANDEVA) para el diseño estadístico de Bloques Completos al Azar (DBA).

ANDEVA PARA EXPERIMENTO DE DBA										
VARIABLES	Modelo Pr > f	Regla A ó R	Bloque Pr > f	Regla A ó R	Sitio Pr > f	Regla A ó R	Trat Pr > f	Regla A ó R	Trat * Sitio Pr > f	Regla A ó R
Altura 1	<.0001	R	.0125	R	<.0001	R	0.1684	A	0.7335	A
Altura 2	0.0764	A	0.1366	A	0.0652	A	0.0382	R	0.6829	A
Altdom 1	<.0001	R	0.0091	R	<.0001	R	0.4811	A	0.8535	A
Altdom 2	<.0001	R	0.0745	A	<.0001	R	0.5274	A	0.6972	A
DAP	0.0527	R	0.1343	A	0.0103	R	0.1292	A	0.6393	A
IS	<.0001	R	0.0099	R	<.0001	R	0.4637	A	0.8255	A
ABASAL	<.0001	R	0.9110	A	<.0001	R	0.1818	A	0.8666	A
VOLUMEN	<.0001	R	0.6707	A	<.0001	R	0.2464	A	0.8216	A
SUP 1	0.0002	R	<.0001	R	0.0957	A	0.6011	A	0.8519	A
SUP 2	0.0004	R	<.0001	R	0.0569	R	0.4754	A	0.9013	A
IMADAP	0.3965	A	0.1923	A	0.9666	A	0.1340	A	0.6965	A
IMAALT	0.1826	A	0.1150	A	0.8263	A	0.0353	R	0.7541	A
AMAVOL	<.0001	R	0.6078	A	<.0001	R	0.2146	A	0.8555	A

R= Rechazo la Ho, que las medias son iguales; es decir, hay diferencias entre medias

A= Acepto la Ho, que las medias son iguales; es decir, NO hay diferencias entre medias

Anexo 2

ANÁLISIS DE PROCEDENCIAS X PENDIENTE										
CONCEPTO	$\bar{Y} \pm E.E.M.$	CV X 25%	CV X 12%	CV X 8%	TAN X 25%	TAN X 12%	TAN X 8%	TRI X 25%	TRI X 12%	TRI X 8%
ALTURA 1	2.13 ±0.26 d	2.01 ±0.22 e	3.08 ±0.19 b	1.78 ±0.26 fg	2.01 ±0.22 e	3.34 ±0.19 a	1.64 ±0.26 fg	1.84 ±0.22 ef	2.80 ±0.19 c	
ALTURA 2	3.64 ±0.34 cd	3.70 ±0.29 c	3.94 ±0.25 b	3.14 ±0.34 ef	3.75 ±0.29 c	4.28 ±0.25 a	2.90 ±0.34 fg	3.28 ±0.29 ef	3.42 ±0.25 de	
ALTDOM 1	2.10 ±0.34 fg	3.17 ±0.29 ef	4.56 ±0.25 b	1.80 ±0.34 fg	3.49 ±0.29 d	4.72 ±0.25 a	1.63 ±0.34 fg	3.24 ±0.29 e	4.34 ±0.25 c	
ALTDOM 2	3.71 ±0.40 d	5.38 ±0.34 c	5.48 ±0.30 b	3.18 ±0.40 e	5.58 ±0.34 b	5.88 ±0.30 a	2.95 ±0.40 f	5.31 ±0.34 c	5.50 ±0.30 b	
DAP	3.72 ±0.28 d	3.69 ±0.24 de	4.02 ±0.21 c	3.55 ±0.28 ef	4.02 ±0.24 c	4.64 ±0.21 a	3.39 ±0.28 ef	3.67 ±0.24 de	4.10 ±0.21 b	
INDICE DE SITIO	6.93 ±1.14 f	10.43 ±0.97 e	15.02 ±0.84 b	5.89 ±1.14 f	11.56 ±0.97 d	15.62 ±0.84 a	5.49 ±1.14 f	10.73 ±0.97 e	14.20 ±0.84 c	
AREA BASAL	0.17 ±0.32 d	2.21 ±0.28 b	2.00 ±0.24 c	0.14 ±0.32 de	2.61 ±0.28 a	2.58 ±0.24 a	0.14 ±0.32 de	2.16 ±0.28 b	2.10 ±0.24 b	
VOLUMEN	0.19 ±0.68 fg	6.25 ±0.58 b	5.00 ±0.50 e	0.25 ±0.68 f	6.65 ±0.58 a	6.12 ±0.50 c	0.25 ±0.68 f	5.77 ±0.58 d	4.98 ±0.50 e	
SUPERVIVENCIA 1	86.72 ±3.90 c	90.33 ±3.34 a	88.00 ±2.89 b	84.05 ±3.90 c	92.33 ±3.34 a	88.00 ±2.89 b	80.05 ±3.90 d	88.33 ±3.34 b	88.00 ±2.89 b	
SUPERVIVENCIA 2	87.27 ±4.00 c	91.66 ±3.42 a	88.80 ±2.96 b	83.27 ±4.00 d	91.66 ±3.42 a	88.00 ±2.96 b	79.27 ±4.00 e	89.66 ±3.42 b	87.20 ±2.96 c	
IMA DAP	2.59 ±0.19 c	2.39 ±0.16 de	2.36 ±0.14 ef	2.49 ±0.19 d	2.64 ±0.16 b	2.74 ±0.14 a	2.36 ±0.19 ef	2.39 ±0.16 de	2.42 ±0.14 d	
IMA ALTURA	2.52 ±0.22 a	2.43 ±0.19 b	2.32 ±0.16 c	2.19 ±0.22 d	2.45 ±0.19 b	2.50 ±0.16 a	1.99 ±0.22 e	2.13 ±0.19 d	2.00 ±0.16 e	
IMA VOLUMEN	0.13 ±0.43 f	4.13 ±0.37 b	2.98 ±0.32 e	0.13 ±0.43 f	4.43 ±0.37 a	3.64 ±0.32 d	0.16 ±0.43 f	3.78 ±0.37 c	2.94 ±0.32 e	



## Anexo 3

EXPERIMENTO 3 X 3 $\bar{Y} \pm E . E . M$			
PENDIENTE 25%	PROCEDENCIAS		
CONCEPTO	CARTA VIEJA	TANZANIA	TRINIDAD
ALTURA 1	2.13 $\pm$ 0.26 a	1.78 $\pm$ 0.26 b	1.64 $\pm$ 0.26 c
ALTURA 2	3.64 $\pm$ 0.34 a	3.14 $\pm$ 0.34 b	2.90 $\pm$ 0.34 c
ALTDOM 1	2.10 $\pm$ 0.34 a	1.80 $\pm$ 0.34 b	1.63 $\pm$ 0.34 c
ALTDOM 2	3.71 $\pm$ 0.40 a	3.18 $\pm$ 0.40 b	2.95 $\pm$ 0.40 c
DAP	3.72 $\pm$ 0.28 a	3.55 $\pm$ 0.28 b	3.39 $\pm$ 0.28 c
INDICE DE SITIO	6.93 $\pm$ 1.14 a	5.89 $\pm$ 1.14 b	5.49 $\pm$ 1.14 c
AREA BASAL	0.17 $\pm$ 0.32 a	0.14 $\pm$ 0.32 b	0.14 $\pm$ 0.32 b
VOLUMEN	0.19 $\pm$ 0.68 b	0.25 $\pm$ 0.68 a	0.25 $\pm$ 0.68 a
SUPERVIVENCIA 1	86.72 $\pm$ 3.90 a	84.05 $\pm$ 3.90 b	80.05 $\pm$ 3.90 c
SUPERVIVENCIA 2	87.27 $\pm$ 4.00 a	83.27 $\pm$ 4.00 b	79.27 $\pm$ 4.00 c
IMA DAP	2.59 $\pm$ 0.19 a	2.49 $\pm$ 0.19 b	2.36 $\pm$ 0.19 c
IMA ALTURA	2.52 $\pm$ 0.22 a	2.19 $\pm$ 0.22 b	1.99 $\pm$ 0.22 c
IMA VOLUMEN	0.13 $\pm$ 0.43 b	0.13 $\pm$ 0.43 b	0.16 $\pm$ 0.43 a

## Anexo 4

EXPERIMENTO 3 X 4 $\bar{Y} \pm E . E . M$			
PENDIENTE 12%	PROCEDENCIAS		
CONCEPTO	CARTA VIEJA	TANZANIA	TRINIDAD
ALTURA 1	2.01 $\pm$ 0.22 a	2.01 $\pm$ 0.22 a	1.84 $\pm$ 0.22 b
ALTURA 2	3.70 $\pm$ 0.29 a	3.75 $\pm$ 0.29 a	3.28 $\pm$ 0.29 b
ALTDOM 1	3.17 $\pm$ 0.29 c	3.49 $\pm$ 0.29 a	3.24 $\pm$ 0.29 b
ALTDOM 2	5.38 $\pm$ 0.34 b	5.58 $\pm$ 0.34 a	5.31 $\pm$ 0.34 b
DAP	3.69 $\pm$ 0.24 b	4.02 $\pm$ 0.24 a	3.67 $\pm$ 0.24 b
INDICE DE SITIO	10.43 $\pm$ 0.97 c	11.56 $\pm$ 0.97 a	10.73 $\pm$ 0.97 b
AREA BASAL	2.21 $\pm$ 0.28 b	2.61 $\pm$ 0.28 a	2.16 $\pm$ 0.28 c
VOLUMEN	6.25 $\pm$ 0.58 b	6.65 $\pm$ 0.58 a	5.77 $\pm$ 0.58 c
SUPERVIVENCIA 1	90.33 $\pm$ 3.34 a	92.33 $\pm$ 3.34 a	88.33 $\pm$ 3.34 b
SUPERVIVENCIA 2	91.66 $\pm$ 3.42 a	91.66 $\pm$ 3.42 a	89.66 $\pm$ 3.42 b
IMA DAP	2.39 $\pm$ 0.16 b	2.64 $\pm$ 0.16 a	2.39 $\pm$ 0.16 b
IMA ALTURA	2.43 $\pm$ 0.19 a	2.45 $\pm$ 0.19 a	2.13 $\pm$ 0.19 b
IMA VOLUMEN	4.13 $\pm$ 0.37 b	4.43 $\pm$ 0.37 a	3.78 $\pm$ 0.37 c

## Anexo 5

EXPERIMENTO 3 X 5 $\bar{Y} \pm E . E . M$			
PENDIENTE 8%	PROCEDENCIAS		
CONCEPTO	CARTA VIEJA	TANZANIA	TRINIDAD
ALTURA 1	3.08 $\pm$ 0.19 b	3.34 $\pm$ 0.19 a	2.80 $\pm$ 0.19 c
ALTURA 2	3.94 $\pm$ 0.25 b	4.28 $\pm$ 0.25 a	3.42 $\pm$ 0.25 c
ALTDOM 1	4.56 $\pm$ 0.25 b	4.72 $\pm$ 0.25 a	4.34 $\pm$ 0.25 c
ALTDOM 2	5.48 $\pm$ 0.30 b	5.88 $\pm$ 0.30 a	5.50 $\pm$ 0.30 b
DAP	4.02 $\pm$ 0.21 c	4.64 $\pm$ 0.21 a	4.10 $\pm$ 0.21 b
INDICE DE SITIO	15.02 $\pm$ 0.84 b	15.62 $\pm$ 0.84 a	14.20 $\pm$ 0.84 c
AREA BASAL	2.00 $\pm$ 0.24 c	2.58 $\pm$ 0.24 a	2.10 $\pm$ 0.24 b
VOLUMEN	5.00 $\pm$ 0.50 b	6.12 $\pm$ 0.50 a	4.98 $\pm$ 0.50 b
SUPERVIVENCIA 1	88.00 $\pm$ 2.89 a	88.00 $\pm$ 2.89 a	88.00 $\pm$ 2.89 a
SUPERVIVENCIA 2	88.80 $\pm$ 2.96 b	88.00 $\pm$ 2.96 b	87.20 $\pm$ 2.96 a
IMA DAP	2.36 $\pm$ 0.14 c	2.74 $\pm$ 0.14 a	2.42 $\pm$ 0.14 b
IMA ALTURA	2.32 $\pm$ 0.16 b	2.50 $\pm$ 0.16 a	2.00 $\pm$ 0.16 c
IMA VOLUMEN	2.98 $\pm$ 0.32 b	3.64 $\pm$ 0.32 a	2.94 $\pm$ 0.32 c

**Anexo 6.**

**Análisis de Varianza para un Análisis de Efectos Fijos con dos criterios de clasificación (Sitio y Pendiente), para parcelas permanentes de monitoreo (PPM)**

<b>ANÁLISIS DE EFECTOS FIJOS PARA PPM</b>								
VARIABLES	Modelo Pr > f	Regla A ó R	Procsem Pr > f	Regla A ó R	Pend Pr > f	Regla A ó R	Procsem* Pend Pr > f	Regla A ó R
Altura 1	0.5045	A	0.7113	A	0.2897	A	0.4389	A
Altura 2	0.8788	A	0.9145	A	0.5193	A	0.8223	A
Altdom 1	0.6693	A	0.9266	A	0.3435	A	0.6152	A
Altdom 2	0.8812	A	0.8444	A	0.5168	A	0.8456	A
DAP	0.6723	A	0.7729	A	0.4432	A	0.4965	A
IS	0.6873	A	0.9163	A	0.3549	A	0.6320	A
ABASAL	0.6065	A	0.6414	A	0.4627	A	0.4081	A
VOLUMEN	0.7220	A	0.5053	A	0.5658	A	0.5457	A
SUP 1	0.8429	A	0.6970	A	0.7799	A	0.5146	A
SUP 2	0.7156	A	0.8484	A	0.4308	A	0.5753	A
IMADAP	0.7163	A	0.6685	A	0.6591	A	0.4060	A
IMAALT	0.6256	A	0.9860	A	0.5685	A	0.3210	A
AMAVOL	0.9604	A	0.8271	A	0.8803	A	0.7114	A

R= Rechazo la Ho, que las medias son iguales; es decir, hay diferencias entre medias

A= Acepto la Ho, que las medias son iguales; es decir, NO hay diferencias entre medias

**Anexo 7.**

**Análisis de Varianza para un Análisis de Efectos Fijos con dos criterios de clasificación (Sitio y Pendiente), para Análisis de Suelo.**

<b>ANÁLISIS DE EFECTOS FIJOS PARA ANÁLISIS DE SUELO</b>								
VARIABLES	Modelo Pr > f	Regla A ó R	Procsem Pr > f	Regla A ó R	Pend Pr > f	Regla A ó R	Procsem* Pend Pr > f	Regla A ó R
PH	0.1170	A	0.2919	A	0.0708	A	0.2672	A
Al	0.2589	A	0.1788	A	0.3249	A	0.2769	A
Ca	0.6218	A	0.4452	A	0.4464	A	0.5329	A
Mg	0.4413	A	0.8542	A	0.1707	A	0.5676	A
K	0.0292	R	0.1539	A	0.0486	R	0.0724	A
P	0.0011	R	0.4217	A	0.0001	R	0.3656	A
Zn	0.5501	A	0.7765	A	0.1834	A	0.8241	A
Mn	0.9002	A	0.4901	A	0.7177	A	0.8141	A
Cu	0.1142	A	0.4476	A	0.1076	A	0.1292	A
Fe	0.6238	A	0.6922	A	0.7326	A	0.2697	A
Mo	0.1165	A	0.0428	R	0.4834	A	0.1707	A
Ca/Mg	0.8827	A	0.8442	A	0.4581	A	0.9644	A
Ca/K	0.0843	A	0.2131	A	0.2428	A	0.0585	R
Mg/K	0.1143	A	0.3237	A	0.1432	A	0.1165	A
(Ca+Mg)/K	0.0566	R	0.2189	A	0.1442	A	0.0523	R

R= Rechazo la Ho, que las medias son iguales; es decir, hay diferencias entre medias

A= Acepto la Ho, que las medias son iguales; es decir, NO hay diferencias entre medias

**Anexo 8.**

Medias de mínimos cuadrados y errores estándar para los principales elementos del análisis de suelo en las parcelas de monitoreo de procedencias de Teca (PPM) en tres diferentes pendientes, en dos procedencias de teca.

ELEMENTO $\bar{Y} \pm EEM$	PROCEDENCIA					
	CARTA VIEJA			TRINIDAD		
PENDIENTE	0-11%	11-21%	21% <	0-11%	11-21%	21% <
PH*	4.65 ± 0.26b	5.30 ± 0.19a	5.15 ± 0.19a	4.78 ± 0.14b	4.93 ± 0.10b	5.26 ± 0.17a
Al*	1.60 ± 1.16b	0.23 ± 0.82c	0.48 ± 0.82c	1.10 ± 0.62b	2.01 ± 0.44a	0.38 ± 0.73c
Ca*	3.90 ± 3.64c	9.55 ± 2.57c	15.25 ± 2.57a	15.11 ± 1.94a	13.67 ± 1.37b	14.30 ± 2.30b
Mg*	8.0 ± 2.41b	7.22 ± 1.70c	11.47 ± 1.70a	8.12 ± 1.29b	9.45 ± 0.91b	10.58 ± 1.52a
K*	0.30 ± 0.11a	0.16 ± 0.08b	0.11 ± 0.08b	0.30 ± 0.06a	0.17 ± 0.04b	0.44 ± 0.07a
P*	4.0 ± 0.50a	2.0 ± 0.35b	2.0 ± 0.35b	3.42 ± 0.26a	2.42 ± 0.18b	2.0 ± 0.31b
Zn*	3.60 ± 2.43c	5.40 ± 1.72a	4.40 ± 1.72b	2.90 ± 1.30c	5.73 ± 0.92a	5.92 ± 1.54a
Mn*	17.0 ± 18.55b	32.50 ± 13.12a	33.75 ± 13.12a	19.57 ± 9.91b	26.35 ± 7.01a	18.80 ± 11.73b
Cu*	3.0 ± 1.69c	8.0 ± 1.19a	5.0 ± 1.19b	4.0 ± 0.90c	5.28 ± 0.63b	6.20 ± 1.06b
Fe*	90.5 ± 26.25a	38.0 ± 18.56c	37.75 ± 18.56c	51.0 ± 14.03b	56.57 ± 9.92b	50.6 ± 16.6b
MO*	4.69 ± 0.88b	5.49 ± 0.62a	4.22 ± 0.62b	4.44 ± 0.47b	3.44 ± 0.33c	4.07 ± 0.56b
Ca/Mg*	1.74 ± 0.45a	1.56 ± 0.31b	1.51 ± 0.31b	1.88 ± 0.24a	1.54 ± 0.17b	1.51 ± 0.28b
Ca/K*	47.15 ± 48.57c	75.07 ± 34.34b	181.74 ± 34.34a	56.66 ± 25.96c	97.92 ± 18.35b	60.59 ± 30.71c
Mg/K*	27.84 ± 39.76c	52.13 ± 28.11b	130.85 ± 28.11a	31.48 ± 21.25c	73.96 ± 15.03b	49.23 ± 25.15 b
(Ca+Mg)/K*	75.0 ± 80.97c	127.21 ± 57.25b	312.59 ± 57.25a	88.14 ± 43.28c	171.88 ± 30.60b	109.83 ± 51.21 b

a,b,c,... Medias con la misma literal en columna, son diferentes ( $p < 0.05$ )

\* PH= Potencial Hidrógeno, en me/100ml suelo; Al= Aluminio, en me/100ml suelo; Ca= Calcio, en me/100ml suelo; Mg= Magnesio, en me/100ml suelo; K= Potasio, en me/100ml suelo; P= Fósforo, en ug/100ml suelo; Zn= Zinc, en ug/100ml suelo; Mn= Manganeso, en ug/100ml suelo; Cu= Cobre, en ug/100ml suelo; Fe= Hierro, en ug/100ml suelo; MO= Materia Organica, en % porcentaje; Ca/Mg= Calcio/Magnesio, en me/100ml suelo; Ca/K= Calcio/Potasio, en me/100ml suelo; Mg/K= Magnesio/Potasio, en me/100ml suelo; (Ca+Mg)/K= Calcio+Magnesio/Potasio, en me/100ml suelo.



(Ca+Mg)/K*	DESBALANCE	DESBALANCE	DESBALANCE	DESBALANCE	DESBALANCE	DESBALANCE
(10-40)	↑	↑	↑	↑	↑	↑

a,b,c,... Medias con la misma literal en columna, son diferentes ( $p < 0.05$ )

\* PH= Potencial Hidrógeno, en me/100ml suelo; Al= Aluminio, en me/100ml suelo; Ca= Calcio, en me/100ml suelo; Mg= Magnesio, en me/100ml suelo; K= Potasio, en me/100ml suelo; P= Fosforo, en ug/100ml suelo; Zn= Zinc, en ug/100ml suelo; Mn= Manganeseo, en ug/100ml suelo; Cu= Cobre, en ug/100ml suelo; Fe= Hierro, en ug/100ml suelo; MO= Materia Organica, en % porcentaje; Ca/Mg= Calcio/Magnesio, en me/100ml suelo; Ca/K= Calcio/Potasio; en me/100ml suelo; Mg/K= Magnesio/Potasio, en me/100ml suelo; (Ca+Mg)/K= Calcio+Magnesio/Potasio, en me/100ml suelo.

## ANEXO 10. ECOFOREST; PANAMÁ

### REQUERIMIENTOS DE SITIO DE LA TECA

VARIABLES AMBIENTALES	REQUERIMIENTOS DE LA TECA	CONDICIONES GENERALES DEL SITIO DEL PROYECTO
TEMPERATURA	EN CENTROAMERICA SE HA CULTIVADO EN LUGARES CON TEMPERATURAS ENTRE 23° Y 28° CENTIGRADOS	LA TEMPERATURA PROMEDIO VARIA EN UN ÁMBITO ENTRE 25° Y 30° CENTIGRADOS. LA TEMPERATURA PROMEDIO DEL SITIO ES FAVORABLE PARA LA TECA
PRECIPITACIÓN	ENTRE 1250 Y 2500 MM/AÑO, CON UNA ESTACIÓN SECA BIEN DEFINIDA, MAYOR A 3 MESES	ES DE 2400 MM/AÑO SEGÚN ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS MÁS CERCANAS; HAY 3 MESES MARCADAMENTE SECOS AL AÑO.
ALTITUD	DESDE EL NIVEL DEL MAR HASTA 600 MSNM	VA DESDE 40 HASTA 300 MSNM; DENTRO DEL ÁMBITO IDEAL.
ACIDEZ	DEBE PRESENTAR PH NEUTRO A LIGERAMENTE ACIDO	EL PH ES LIGERAMENTE ÁCIDO. NO ES LIMITANTE PARA LA TECA
TEXTURA	PREFIERE SUELOS DE TEXTURA FRANCO-ARENOSA A LIGERAMENTE ARCILLOSA. EN SUELOS CON CAPAS DURAS O POCO PROFUNDAS, SU CRECIMIENTO SE VE LIMITADO. LOS PORCENTAJES DE ARCILLAS SUPERIORES A 40% Y LOS DE ARENA MAYORES A 50% REPRESENTAN CONDICIONES LIMITANTES. EL MEJOR CRECIMIENTO SE HA VISTO EN SUELOS ALUVIALES; LOS SITIOS DEBEN SER BIEN DRENADOS. SI DRENAR ES DIFÍCIL, MEJOR CONSIDERAR OTRAS ESPECIES	LA ZONA INMEDIATA AL CANAL PRESENTA ALTA PROPORCIÓN DE TERRENOS CON CARACTERÍSTICAS ALUVIALES; A SABER: TEXTURA ENTRE MEDIANA Y LIGERAMENTE FINA, APROPIADA PARA LA FACIL PENETRACIÓN RADICULAR Y NORMAL CRECIMIENTO DE LA TECA EN EL SITIO DEL PROYECTO. EN GENERAL, LA TEXTURA DEL SUELO ES APROPIADA. HAY SITIOS CON DRENAJE IMPEDIDO, PERO TAL CONDICIÓN SE PUEDE MEJORAR PARCIALMENTE CONSTRUYENDO CANALES Y OBRAS DE DRENAJE ARTIFICIAL.
RADIACIÓN SOLAR	LA TECA REQUIERE PLENA EXPOSICIÓN AL SOL PARA SU APROPIADO CRECIMIENTO INICIAL	ENTRE 7 Y 8 HORAS DE BRILLO SOLAR EN EL TRANSCURSO DE TODO EL AÑO. ZONA TROPICAL, ESPECIALMENTE FAVORECIDA EN HORAS DE BRILLO SOLAR

FUENTE: CATIE, 1986; 1991; ALFARO, 1991; BRISCOE, 1995; KEOGH, 1987; PICADO, 1997.

# CRONOGRAMA FISICO DEL PLAN DE REFORESTACIÓN

## 1. PROGRAMACIÓN Y CARACTERISTICAS DE LA PLANTACIÓN

ESPECIE	SUPERFICIE (HA)	AÑO DE ESTABLECIMIENTO	ESPACIAMIENTO (METROS)	DENSIDAD (ÁRBOLES/HA)	MATERIAL VEGETATIVO
TECA	450	1999	3 X 3 ; 2.5 X 4	1111	SEUDOESTACAS
	630	2000	SEGÚN		BOLSA O
	720	2001	CONDICIONES		RAIZ DIRIGIDA
	720	2002	DEL TERRENO		
	630	2003			

## 2. PROGRAMACIÓN DE RALEOS Y CORTA FINAL POR HECTÁREA

EDAD (AÑOS)	ARBOLES REMANENTES (ARBOLES/HA)	PORCENTAJE A EXTRAER	ARBOLES EXTRAIDOS
1	1,111		
2	1,111		
3	1,111		
4	660	41%	451
5	660		
6	660		
7	660		
8	440	33%	220
9	440		
10	440		
11	440		
12	220	50%	220
13	220		
14	220		
15	220		
16	220		
17	220		
18	220		
19	220		
20	220		
21	220		
22	220		
23	220		
24	220		
25	0	100%	220

NOTA: MARCO DE PLANTACIÓN = 3 X 3  
 POR LO TANTO:  $10,000 / 9 = 1,111$  ARBOLES  
 1 HA = 10,000 M2

**3. RENDIMIENTOS PRONOSTICADOS POR HECTÁREA**  
(CIFRAS EN METROS CÚBICOS)

TIPO DE APROVECHAMIENTO	PRODUCCIÓN	
	UNIDADES/HA	VOLUMEN (M3/HA)
<b>4TO AÑO RALEO DE REFINAMIENTO "REF"</b>		
LEÑA		10
VARAS	220	
POSTES	220	
MADERA PARA ASERRIO		0
<b>8VO AÑO RALEO COMERCIAL 1 "R1"</b>		
LEÑA		15
VARAS	100	
POSTES	120	
MADERA PARA ASERRIO		35
<b>12AVO AÑO RALEO COMERCIAL 2 "R2"</b>		
LEÑA		50
VARAS	0	
POSTES	200	
MADERA PARA ASERRIO		70
<b>25AVO AÑO CORTA FINAL</b>		
LEÑA		50
VARAS	0	
POSTES	200	
MADERA PARA ASERRIO		180





## 5. CRONOGRAMA DE OPERACIONES PREVISTAS PARA LOS AÑOS DE MANTENIMIENTO

ACTIVIDAD DE MANEJO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
A) FERTILIZACIÓN	X																									
B) LIMPIAS																										
RODAJEAS	X	X	X																							
CARRILEAS	X	X	X																							
CHAPEAS	X	X	X																							
ELIMINACIÓN DE LIANAS	X	X	X	X	X																					
C) PODAS																										
PODA TIPO 1*				X	X	X																				
PODA TIPO 2**																										
PODA TIPO 3***								X																		
D) RALEOS (ACLAREOS Y CORTA PARCIAL)																										
RALEO DE REFINAMIENTO (REF)*				X																						
RALEO 1 (R1)**								X																		
RALEO 2 (R2)***											X															
E) MANTENIMIENTO GENERAL	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
F) PROTECCIÓN FORESTAL	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
G) CORTA FINAL																										X

NOTAS

PODAS

\* C/ cuchillo, serrote, machete; en ramas y brotes; hasta una altura de 2.5 mts (años 3,4 y 5)

\*\* Del aclareo de refinamiento (660 arboles/ha), se eliminan todas las ramas de la 3ra parte del arbol (año 8)

\*\*\* Del 1er aclareo comercial "R1", se elije el 50% de los arboles y se poda a la mitad de la altura del arbol (año 12)

RALEOS

\* Año 4; se eliminan alrededor de 450 arboles (40%), los mas malos de condición fisica natural; y se dejan 660 arboles

\*\* Año 8; se eliminan 220 arboles, y se dejan los mejores 440 arboles

\*\*\* Año 12; se eliminan 220 arboles, y se dejan los mejores 220 arboles restantes para la corta final

ACTIVIDAD / AÑO 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25

1. PREPARACIÓN DE TERRENO

DESMONTE 18  
 CHAPEA INICIAL 16  
 CHAPEA QUIMICA 3  
 QUEMA 2  
 CONTROL DE PLAGAS 2

2. PLANTACIÓN

TRAZO Y MARCACIÓN 3  
 HOYADO 4  
 MANEJO PLANTA 3  
 FERTILIZACIÓN 2  
 SIEMBRA 3  
 ABONAMIENTO NIVELACIÓN 2

3. MANTENIMIENTO

DESHIJE 2 2 2  
 LIMPIEZA QUIMICA 2 2 2 2  
 RODAJEAR 4 4 4 4  
 REPLANTE 2  
 LIMPIEZA MANUAL (CHAPEA) 12 12 12 10  
 TUTOR 2 2  
 LIMPIEZA LINEA/BARRIDA 6 6 6 6  
 FERTILIZACIÓN 2 2 2 2  
 CONTROL FITOSANITARIO 3 3 3  
 RONDA CORTAFUEGO Y TROCHA 2  
 GUARDA RECURSOS 1

4. MANEJO

PODA 6 6 6 6  
 RALEOS 12 24  
 COSECHA 24 36

TOTAL DE JORNALES

96 36 34 33 15 9 3 9 27 3 3 3 27 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 39

7. COSTOS DE ESTABLECIMIENTO, MANEJO Y OPERACIÓN DEL PROYECTO

	AÑO	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
	CRONO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
	HAS																												
	1999	455	43,680	16,380	15,470	15,015	6,825	4,095	1,365	4,095	12,285	1,365	1,365	1,365	12,285	1,365	1,365	1,365	1,365	1,365	1,365	1,365	1,365	1,365	1,365	1,365	17,745		
	2000	520	49,920	18,720	17,680	17,160	7,800	4,680	1,560	4,680	14,040	1,560	1,560	1,560	14,040	1,560	1,560	1,560	1,560	1,560	1,560	1,560	1,560	1,560	1,560	1,560	1,560	20,280	
TOTAL DE JORNALES POR AÑO		43,680	66,300	34,190	32,695	23,985	11,895	6,045	5,655	16,965	15,405	2,925	2,925	13,845	15,405	2,925	2,925	2,925	2,925	2,925	2,925	2,925	2,925	2,925	2,925	2,925	19,305	20,280	
COSTO DE JORNALES (\$ 7.2 / JORNAL)	US\$D	314,496	477,360	246,168	235,404	172,692	85,644	43,524	40,716	122,148	110,916	21,060	21,060	99,684	110,916	21,060	21,060	21,060	21,060	21,060	21,060	21,060	21,060	21,060	21,060	21,060	21,060	138,996	146,016
CARGAS SOCIALES (40% / COSTO JORNAL)	US\$D	125,798	190,944	98,467	94,162	69,077	34,258	17,410	16,286	48,859	44,366	8,424	8,424	39,874	44,366	8,424	8,424	8,424	8,424	8,424	8,424	8,424	8,424	8,424	8,424	8,424	8,424	55,598	58,406
TOTAL	US\$D	440,294	668,304	344,635	329,566	241,769	119,902	60,934	57,002	171,007	155,282	29,484	29,484	139,558	155,282	29,484	29,484	29,484	29,484	29,484	29,484	29,484	29,484	29,484	29,484	29,484	29,484	194,594	204,422
PROYECCIÓN DE EGRESOS																													
COSTO JORNALES PLANTACIÓN																													
SUELDOS ADMINISTRACIÓN Y TÉCNICOS FINCA (1)	US\$D	440,294	668,304	344,635	329,566	241,769	119,902	60,934	57,002	171,007	155,282	29,484	29,484	139,558	155,282	29,484	29,484	29,484	29,484	29,484	29,484	29,484	29,484	29,484	29,484	29,484	29,484	194,594	204,422
CARGAS SOCIALES (40%)	US\$D	17,143	17,143	17,143	17,143	17,143	17,143	17,143	17,143	17,143	17,143	17,143	17,143	17,143	17,143	17,143	17,143	17,143	17,143	17,143	17,143	17,143	17,143	17,143	17,143	17,143	17,143	17,143	17,143
SUELDOS ADMINISTRACIÓN CENTRAL (2)	US\$D	6,857	6,857	6,857	6,857	6,857	6,857	6,857	6,857	6,857	6,857	6,857	6,857	6,857	6,857	6,857	6,857	6,857	6,857	6,857	6,857	6,857	6,857	6,857	6,857	6,857	6,857	6,857	6,857
CARGAS SOCIALES (40%)	US\$D	14,286	14,286	14,286	14,286	14,286	14,286	14,286	14,286	14,286	14,286	14,286	14,286	14,286	14,286	14,286	14,286	14,286	14,286	14,286	14,286	14,286	14,286	14,286	14,286	14,286	14,286	14,286	14,286
ALQUILER DE TIERRAS (3)	US\$D	5,714	5,714	5,714	5,714	5,714	5,714	5,714	5,714	5,714	5,714	5,714	5,714	5,714	5,714	5,714	5,714	5,714	5,714	5,714	5,714	5,714	5,714	5,714	5,714	5,714	5,714	5,714	5,714
COSTOS DE GESTIÓN Y NEGOCIACIÓN (4)	US\$D	16,380	35,100	35,100	35,100	35,100	36,855	38,698	40,633	42,664	44,797	47,037	49,389	51,859	54,452	57,174	60,033	63,035	66,186	69,496	72,970	76,619	80,450	84,472	88,696	93,131	97,787	102,677	
ESTUDIOS (5)	US\$D	15,000																											
RENTA Y MANTENIMIENTO DE INMUEBLE (6)	US\$D	8,571	8,571	8,571	8,571	8,571	8,571	8,571	8,571	8,571	8,571	8,571	8,571	8,571	8,571	8,571	8,571	8,571	8,571	8,571	8,571	8,571	8,571	8,571	8,571	8,571	8,571	8,571	8,571
INFRAESTRUCTURA Y CAMINOS (7)	US\$D	300,000																											
MAQUINARIA PESADA Y EQUIPO BOMBEO (8)	US\$D	85,714																											
MANTENIMIENTO DE CAMINOS (9)	US\$D	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000
VEHICULOS	US\$D	28,571					28,571			30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000
MANTENIMIENTO MAQUINARIA Y VEHICULOS (10)	US\$D	5,714	5,714	5,714	5,714	5,714	5,714	5,714	5,714	5,714	5,714	5,714	5,714	5,714	5,714	5,714	5,714	5,714	5,714	5,714	5,714	5,714	5,714	5,714	5,714	5,714	5,714	5,714	5,714
PLANTONES (11)	US\$D	118,300	189,800	62,400																									
HERRAMIENTAS E INSUMOS (12)	US\$D	45,500	45,500	45,500	45,500	45,500	45,500	45,500	45,500	45,500	45,500	45,500	45,500	45,500	45,500	45,500	45,500	45,500	45,500	45,500	45,500	45,500	45,500	45,500	45,500	45,500	45,500	45,500	45,500
VIATICOS Y SEGUROS	US\$D	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
EQUIPO COMPUTO, FAX, COPIADORA	US\$D	8,571					8,571			8,571																			
PAPELERIA, LUZ, AGUA, Y TELEFONO	US\$D	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000
TOTAL	US\$D	1,211,617	1,076,990	625,921	548,451	460,655	377,685	283,417	281,421	397,457	383,866	297,450	262,659	375,202	393,520	270,444	310,445	276,304	279,456	282,765	286,240	327,031	293,720	297,742	301,966	306,400	513,310	490,885	

8. ESTIMACION DE CRECIMIENTOS, CORTAS E INGRESOS		1999	2000	2001	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025																								
CRONO AÑO		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26																									
		1ER SEMESTRE		2DO SEMESTRE																																																	
<b>TECTONA GRANDIS, L.F.</b>																																																					
MODELO DE CRECIMIENTO (Alfaro, 1990; 1998)																																																					
ARBOLES X HECTAREA	ARB/HA	1,111	1,111	1,111	1,111	660	660	660	660	440	440	440	440	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	0																							
ALTURA PROMEDIO	MTS	2.7	4.0	5.0	8.0	12.6	14.2	15.6	16.7	17.6	18.5	19.3	20.0	20.6	21.2	21.7	22.2	22.7	23.1	23.5	23.9	24.3	24.7	25.0	25.3	25.6	25.9	26.2	26.5	25.9																							
DAP (Diametro a la Altura del Pecho)	CM	3.5	4.5	6.7	10.4	13.4	15.7	17.6	19.2	20.8	22.3	23.5	24.7	25.9	27.0	28.1	29.1	30.0	30.8	31.6	32.4	33.1	33.8	34.4	35.1	35.7	36.2	36.7	37.2	36.2																							
AREA BASAL	M2/HA	1.2	2.0	3.9	9.4	9.3	12.8	16.1	19.2	15.0	17.1	19.2	21.1	11.6	12.6	13.6	14.6	15.5	16.4	17.3	18.1	18.9	19.7	20.5	21.2	22.0	22.8	23.5	24.2	24.9																							
VOLUMEN EN PIE	M3/HA	1.1	4.4	6.3	23.9	37.2	57.9	79.6	101.7	84.3	101.0	117.5	134.0	76.1	85.2	94.3	103.2	112.1	120.8	129.5	138.1	146.5	154.9	163.2	171.3	179.4	187.3	195.2	203.1	211.0																							
VOLUMEN CORTADO POR AÑO	M3/HA	0.0	0.0	0.0	0.0	9.7	0.0	0.0	0.0	33.9	0.0	0.0	0.0	67.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																							
VOLUMEN COMERCIAL	M3/HA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.2	0.0	0.0	0.0	26.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																							
VOLUMEN TOTAL ACUMULADO	M3/HA	1.1	4.4	6.3	23.9	46.9	67.6	89.3	111.4	127.9	144.6	161.1	177.6	186.7	195.8	204.9	213.8	222.7	231.4	240.1	248.7	257.1	265.5	273.8	281.9	290.0	297.9	305.8	313.7	321.6																							
ICA (Incremento Corriente Anual)	M3/HA/AÑO	1.1	3.3	5.2	17.6	23.0	20.7	21.7	22.1	16.5	16.7	16.5	16.5	9.1	9.1	9.1	8.9	8.9	8.7	8.7	8.6	8.4	8.4	8.3	8.1	8.1	7.9	7.7	7.5	7.3																							
IMA (Incremento Medio Anual)	M3/HA/AÑO	1.1	2.7	3.2	8.0	11.7	13.5	14.9	15.9	16.0	16.1	16.1	16.1	15.6	15.1	14.6	14.3	13.9	13.6	13.3	13.1	12.9	12.6	12.4	12.3	12.1	11.9	11.7	11.5	11.3																							
MODELO APLICADO A LA PLANTACION																																																					
CRONOGRAMA DE ESTABLECIMIENTO	HAS	455	520																									4,414	5,044	0	0	4,627	5,288	0	0	12,194	13,936	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
VOLUMEN TOTAL CORTADO POR AÑO	M3																																																				
INGRESOS ESPERADOS PARA TECA (13)	US\$DOL																																																				

9. FLUJO DE INGRESOS Y EGRESOS DEL PROYECTO - RENTABILIDAD DEL PROYECTO		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	TOTAL	VAN 6%																					
CRONO AÑO		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26																							
EGRESOS	US\$DOL	1,211,617	1,076,990	625,921	548,451	460,655	377,685	283,417	281,421	397,457	383,866	297,450	262,659	375,202	393,520	270,444	310,445	276,304	279,456	282,765	286,240	327,031	293,720	297,742	301,966	306,400	513,310	490,885	11,213,019	6,358,367																					
INGRESOS	US\$DOL	0	0	0	0	0	0	0	0	925,470	1,057,680	0	0	2,438,800	2,787,200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																				
FLUJO NETO	US\$DOL	-1,211,617	-1,076,990	-625,921	-548,451	-460,655	-377,685	-283,417	-281,421	528,013	673,814	297,450	262,659	2,063,598	2,393,680	270,444	310,445	276,304	279,456	282,765	286,240	327,031	293,720	297,742	301,966	306,400	23,974,790	27,495,515	48,470,631	8,342,419																					
RETORNO DE LOS FACTORES DE LA PRODUCCION																																																			
TIERRA	MANO DE OBRA	8,556	16.22	12%																																															
VAN																																																			
RBC																																																			
VET																																																			
TASA REAL = 6%																																																			
COSTO X HECTAREA =																																																			
INGRESO BRUTO X HA =																																																			
INGRESO NETO X HA =																																																			
COSTO X ARBOL =																																																			
INGRESO BRUTO X ARBOL =																																																			
INGRESO NETO X ARBOL =																																																			

- 7. CONSTRUCCION DE 2 OFICINAS ADMINISTRATIVAS, DEPOSITOS, GUARDIANAS, BARRACAS, DRENAJES Y 80 KM DE CAMINOS
- 8. TRACTORES, RETROSCAVADORAS, CATERPILLAR D6 Y D6, BOMBA DE AGUA, PLANTA DE LUZ Y LA DE COMBUSTIBLES
- 9. VIAJES MENSUALES DE ARENA Y GRAVA
- 10. GASOLINA, ACEITES, REPARACIONES, REFACCIONES
- 11. COSTO POR PLANTA DE \$ 0.2 US\$DOL
- 12. ACCESORIOS DE LABRANZA, INSUMOS AGRICOLAS, AGROQUIMICOS, FERTILIZANTES, MATERIALES (VARIOS), REPARACIONES Y MANTENIMIENTO
- 13. EN BASE A UN PRECIO DE \$ 150 US\$DOL/MO ROLLIZO PARA EL 1ER RALEO; \$ 200 US\$DOL/MO PARA EL 2DO Y 3ER RALEO Y \$ 500 US\$DOL/MO PARA LA CORTA FINAL

**MEMORIA DE CALCULO**

1. SUELDOS DEL PERSONAL TECNICO DE LA FINCA Y DE LA OFICINA DE ADMINISTRACION DE LA FINCA
2. SUELDOS DEL PERSONAL QUE LABORA EN LA OFICINA CENTRAL ADMINISTRATIVA (ANCON)
3. COSTO DE \$ 2.75 US\$DOL/HORA CON AUMENTOS DEL 5% C/5 AÑOS A PARTIR DEL AÑO 5
4. GASTOS INCURRIDOS CON EL FIN DE OBTENER LA CONSECCION DE LAS AREAS (SUELDOS DE ESPECIALISTAS, GASTOS DE VIAJE, GASTOS LEGALES Y CONSULTORIAS)
5. ESTUDIOS DE SUELDOS, SOCIO-ECONOMICOS, AMBIENTALES Y DE CONSULTORIA CONTABLE
6. RENTA MENSUAL DE 2000 US DOLLS, y 500 US DOLLS MENSUALES DE MANTENIMIENTO DEL INMUEBLE ADMINISTRATIVO UBICADO EN ANCON



ESENARIO 16		ESENARIO 17		ESENARIO 18		ESENARIO 19		ESENARIO 20	
AUMENTO	COSTOS MO	AUMENTO	COSTOS MO	AUMENTO	COSTOS MO	AUMENTO	COSTOS MO	AUMENTO	COSTOS MO
TIR	8.73%	TIR	8.55%	TIR	8.39%	TIR	8.22%	TIR	8.07%
VAN	4'923,217	VAN	4'678,988	VAN	4'434,760	VAN	4'190,531	VAN	3'946,302
RBC	1.50	RBC	1.47	RBC	1.43	RBC	1.40	RBC	1.37
VET	1'387,063	VET	1'318,254	VET	1'249,455	VET	1'180,626	VET	1'111,828
RTMO	-2.58	RTMO	-3.92	RTMO	-5.27	RTMO	-6.61	RTMO	-7.95
RTK	8.73%	RTK	8.55%	RTK	8.39%	RTK	8.22%	RTK	8.07%
RSOIL	5,049	RSOIL	4,779	RSOIL	4,548	RSOIL	4,298	RSOIL	4,047
CT X HA	10,028	CT X HA	10,279	CT X HA	10,529	CT X HA	10,780	CT X HA	11,030
IN X HA	5,049	IN X HA	4,779	IN X HA	4,548	IN X HA	4,298	IN X HA	4,047

ESENARIO 21		ESENARIO 22		ESENARIO 23		ESENARIO 24		ESENARIO 25	
AUMENTO	COSTOS MO	AUMENTO	COSTOS MO	AUMENTO	COSTOS MO	AUMENTO	COSTOS MO	AUMENTO	COSTOS MO
TIR	7.76%	TIR	7.48%	TIR	7.21%	TIR	6.95%	TIR	6.70%
VAN	3'457,845	VAN	2'969,388	VAN	2'480,930	VAN	1'992,473	VAN	1'504,015
RBC	1.31	RBC	1.25	RBC	1.20	RBC	1.16	RBC	1.11
VET	974,210	VET	836,593	VET	698,975	VET	561,358	VET	423,740
RTMO	-10.64	RTMO	-13.32	RTMO	-16.01	RTMO	-18.70	RTMO	-21.38
RTK	7.76%	RTK	7.48%	RTK	7.21%	RTK	6.95%	RTK	6.70%
RSOIL	3,547	RSOIL	3,046	RSOIL	2,545	RSOIL	2,044	RSOIL	1,543
CT X HA	11,531	CT X HA	12,032	CT X HA	12,533	CT X HA	13,034	CT X HA	13,535
IN X HA	3,547	IN X HA	3,046	IN X HA	2,545	IN X HA	2,044	IN X HA	1,543

ESENARIO 26		ESENARIO 27		ESENARIO 28		ESENARIO 29		ESENARIO NORMAL	
AUMENTO	COSTOS MO	AUMENTO	COSTOS MO	AUMENTO	COSTOS MO	AUMENTO	COSTOS MO	SIN AUMENTOS	
TIR	6.46%	TIR	6.24%	TIR	6.02%	TIR	6.00%	TIR	12%
VAN	1'015,558	VAN	527,101	VAN	38,643	VAN	-10,202	VAN	8,342,419
RBC	1.07	RBC	1.04	RBC	1.00	RBC	1.00	RBC	2
VET	286,122	VET	148,505	VET	10,887	VET	-2,874	VET	2,350,386
RTMO	-24.07	RTMO	-26.76	RTMO	-29.44	RTMO	-29.71	RTMO	16.22
RTK	6.46%	RTK	6.24%	RTK	6.02%	RTK	6.00%	RTK	12%
RSOIL	1,042	RSOIL	541	RSOIL	40	RSOIL	-10	RSOIL	8,556
CT X HA	14,036	CT X HA	14,537	CT X HA	15,038	CT X HA	15,088	CT X HA	6,521
IN X HA	1,042	IN X HA	541	IN X HA	40	IN X HA	-10	IN X HA	8,556

VALOR CRITICO O "SWITCHING VALUE"

NOTAS  
 TIR (Tasa Interna de Retorno, calculada a una Tasa Real de Descuento del 6%)  
 VAN (Valor Actual Neto, calculado a una Tasa Real de Descuento del 6%)  
 RBC (Relación Beneficio/Costo, calculado a una Tasa Real de Descuento del 6%)  
 VET (Valor Esperado de la Tierra, calculado a una Tasa Real de Descuento del 6%)  
 RTMO (Retorno de la Mano de Obra, calculado a una Tasa Real de Descuento del 6%)  
 RTK (Retorno del Capital, calculado a una Tasa Real de Descuento del 6%)  
 RSOIL (Retorno de la Tierra, calculado a una Tasa Real de Descuento del 6%)  
 CT X HA (Costo Total por Hectarea, calculado a una Tasa Real de Descuento del 6%)  
 IN X HA (Ingreso Neto por Hectarea, calculado a una Tasa Real de Descuento del 6%)

# ANALISIS DE SENSIBILIDAD - INCREMENTOS PORCENTUALES EN COSTOS TOTALES

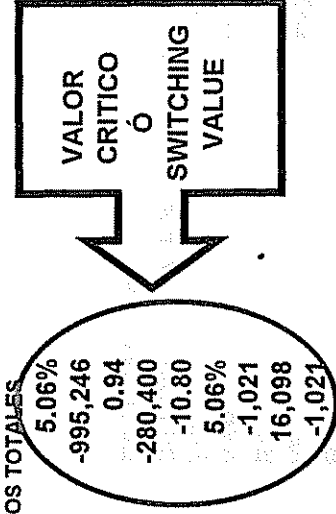
ESCENARIO NORMAL	
SIN AUMENTOS	
TIR	12%
VAN	8,342,419
RBC	2.31
VET	2,350,386
RTMO	16.22
RTK	11.97%
RSOIL	8,556
CT X HA	6,521
IN X HA	8,556

**NOTAS**

- TIR (Tasa Interna de Retorno, calculada a una Tasa Real de Descuento del 6%)
- VAN (Valor Actual Neto, calculado a una Tasa Real de Descuento del 6%)
- RBC (Relación Beneficio/Costo, calculado a una Tasa Real de Descuento del 6%)
- VET (Valor Esperado de la Tierra, calculado a una Tasa Real de Descuento del 6%)
- RTMO (Retorno de la Mano de Obra, calculado a una Tasa Real de Descuento del 6%)
- RTK (Retorno del Capital, calculado a una Tasa Real de Descuento del 6%)
- RSOIL (Retorno de la Tierra, calculado a una Tasa Real de Descuento del 6%)
- CT X HA (Costo Total por Hectarea, calculado a una Tasa Real de Descuento del 6%)
- IN X HA (Ingreso Neto por Hectarea, calculado a una Tasa Real de Descuento del 6%)

ESCENARIO 1		ESCENARIO 2		ESCENARIO 3		ESCENARIO 4	
AUMENTO 5% COSTOS TOTALES		AUMENTO 10% COSTOS TOTALES		AUMENTO 12% COSTOS TOTALES		AUMENTO 15% COSTOS TOTALES	
TIR	11.36%	TIR	10.49%	TIR	10%	TIR	8.94%
VAN	7,586,709	VAN	6,309,624	VAN	5,532,464	VAN	3,893,033
RBC	2.07	RBC	1.75	RBC	1.60	RBC	1.36
VET	2,137,473	VET	1,777,668	VET	1,558,712	VET	1,096,820
RTMO	13.81	RTMO	9.96	RTMO	7.69	RTMO	2.98
RTK	11.36%	RTK	10.49%	RTK	10%	RTK	8.94%
RSOIL	7,781	RSOIL	6,471	RSOIL	5,674	RSOIL	3,993
CT X HA	7,296	CT X HA	8,606	CT X HA	9,403	CT X HA	11,085
IN X HA	7,781	IN X HA	6,471	IN X HA	5,674	IN X HA	3,993

ESCENARIO 5		ESCENARIO 6		ESCENARIO 7	
AUMENTO 18% COSTOS TOTALES		AUMENTO 19% COSTOS TOTALES		AUMENTO 20% COSTOS TOTALES	
TIR	7.16%	TIR	6.25%	TIR	5.06%
VAN	1,390,706	VAN	284,789	VAN	-995,246
RBC	1.10	RBC	1.02	RBC	0.94
VET	391,816	VET	80,236	VET	-280,400
RTMO	-4.10	RTMO	-7.21	RTMO	-10.80
RTK	7.16%	RTK	6.25%	RTK	5.06%
RSOIL	1,426	RSOIL	292	RSOIL	-1,021
CT X HA	13,651	CT X HA	14,786	CT X HA	16,098
IN X HA	1,426	IN X HA	292	IN X HA	-1,021





# INCREMENTO Y DECREMENTO PORCENTUAL EN PRODUCTIVIDAD

<b>ESCAMENARIO NORMAL</b>	
<b>SIN AUMENTOS</b>	
TIR	12%
VAN	8,342,419
RBC	2.31
VET	2,350,386
RTMO	16.22
RTK	12%
RSOIL	8,556
CT X HA	6,521
IN X HA	8,556
VOL APROVECHADO TOTAL	280
VOL COMERCIAL TOTAL	145

**NOTAS**

- TIR (Tasa Interna de Retorno, calculada a una Tasa Real de Descuento del 6%)
- VAN (Valor Actual Neto, calculado a una Tasa Real de Descuento del 6%)
- RBC (Relación Beneficio/Costo, calculado a una Tasa Real de Descuento del 6%)
- VET (Valor Esperado de la Tierra, calculado a una Tasa Real de Descuento del 6%)
- RTMO (Retorno de la Mano de Obra, calculado a una Tasa Real de Descuento del 6%)
- RTK (Retorno del Capital, calculado a una Tasa Real de Descuento del 6%)
- RSOIL (Retorno de la Tierra, calculado a una Tasa Real de Descuento del 6%)
- CT X HA (Costo Total por Hectarea, calculado a una Tasa Real de Descuento del 6%)
- IN X HA (Ingreso Neto por Hectarea, calculado a una Tasa Real de Descuento del 6%)
- VOL APROVECHADO TOTAL = Volumen Total Aprovechado
- VOL COMERCIAL TOTAL = Volumen Comercial Total



<b>ESCAMENARIO 1</b>	
<b>AUMENTO EN 20% DE PRODUCTIVIDAD</b>	
TIR	13.35%
VAN	11,282,576
RBC	2.77
VET	3,178,743
RTMO	24.31
RTK	13.35%
RSOIL	11,572
CT X HA	6,521
IN X HA	11,572
VOL APROVECHADO TOTAL	336
VOL COMERCIAL TOTAL	174

<b>ESCAMENARIO 2</b>	
<b>DISMINUCIÓN EN 20% DE PRODUCTIVIDAD</b>	
TIR	10.34%
VAN	5,402,261
RBC	1.85
VET	1,522,028
RTMO	8.14
RTK	10.34%
RSOIL	5,541
CT X HA	6,521
IN X HA	5,541
VOL APROVECHADO TOTAL	224
VOL COMERCIAL TOTAL	116

<b>ESCAMENARIO 3</b>	
<b>DISMINUCIÓN EN 30% DE PRODUCTIVIDAD</b>	
TIR	9.38%
VAN	3,932,183
RBC	1.62
VET	1,107,850
RTMO	4.10
RTK	9.38%
RSOIL	4,033
CT X HA	6,521
IN X HA	4,033
VOL APROVECHADO TOTAL	196
VOL COMERCIAL TOTAL	101

<b>ESCAMENARIO 4</b>	
<b>DISMINUCIÓN EN 40% DE PRODUCTIVIDAD</b>	
TIR	8.29%
VAN	2,462,104
RBC	1.39
VET	693,671
RTMO	0.05
RTK	8.29%
RSOIL	2,525
CT X HA	6,521
IN X HA	2,525
VOL APROVECHADO TOTAL	168
VOL COMERCIAL TOTAL	87

**ESCENARIO 5**

DISMINUCIÓN EN 50% DE PRODUCTIVIDAD

TIR	7.01%
VAN	992,026
RBC	1.16
VET	279,492
RTMO	-3.99
RTK	7.01%
RSOIL	1,017
CT X HA	6,521
IN X HA	1,017
VOL APROVECHADO TOTAL	140
VOL COMERCIAL TOTAL	72

**ESCENARIO 6**

DISMINUCIÓN EN 58% DE PRODUCTIVIDAD

TIR	5.96%
VAN	-37,029
RBC	0.99
VET	-10,433
RTMO	-6.82
RTK	5.96%
RSOIL	-38
CT X HA	6,521
IN X HA	-38
VOL APROVECHADO TOTAL	121
VOL COMERCIAL TOTAL	62



VALOR CRITICO Ó  
"SWITCHING VALUE"

**Anexo 14.**

Estadísticos Descriptivos de manera general (Considerando las tres Procedencias bajo Análisis)

<b>ANÁLISIS DESCRIPTIVO GENERAL (72 Parcelas)</b>					
Variable	$\bar{X}$ Media	$\sqrt{S}$ Desviación Estándar	Coefficiente Variación (%)	Valores Mínimos	Valores Máximos
Espaciamiento (L) (m)	2.94	0.20	6.80	2.0	3.30
Espaciamiento (A) (m)	2.98	0.28	9.5	2.5	4.10
Area Neta (m <sup>2</sup> )	730	316	43	144	1112
N° Árboles	62	38	60.5	25	115
Pendiente (%)	16	9	59.4	2	60
Altura 1 (m)	2.65	1.11	42.1	0.80	6.10
Altura 2 (m)	3.85	1.15	30.02	0.80	7.0
Altdom 1 (m)	3.84	1.41	36.85	1.30	7.4
Altdom 2 (m)	5.36	1.42	26.6	1.40	8.4
DAP (cm)	4.32	1.29	29.9	2.30	10.6
Índice de Sitio (m)	12.69	4.65	36.68	4.24	24.54
Área Basal (m <sup>2</sup> /ha)	1.91	1.43	75.34	0.10	9.2
Volumen (m <sup>3</sup> /ha)	4.71	3.32	70.53	0.26	21.66
Supervivencia 1 (%)	94.04	8.25	8.77	60	100
Supervivencia 2 (%)	93.69	8.26	8.81	60	100
IMADAP (cm)	2.68	0.70	26.31	1.50	6.0
IMAALT (m)	2.40	0.64	26.98	0.50	3.90
IMAVOL (m <sup>3</sup> /ha)	2.91	1.96	67.52	0.10	12.40
<b>ANÁLISIS DE SUELO</b>					
PH	4.84	0.41	8.57	4.30	5.9
Al (me/100 ml)	1.57	1.64	104.3	0.15	6.0
Ca (me/100 ml)	14.46	3.97	27.49	2.70	27.9
Mg (me/100 ml)	10.04	2.67	26.64	3.90	15.90
K (me/100 ml)	0.27	0.22	81.62	0.06	1.01
P (ug/ml)	2.27	0.69	30.57	2.0	4.0
Zn (ug/ml)	4.75	2.73	57.61	1.40	13.80
Mn (ug/ml)	40.94	32.58	79.57	3.0	88.0
Cu (ug/ml)	6.48	2.25	34.71	2.0	10.0
Fe (ug/ml)	52.11	26.63	51.11	23.0	146.0
MO (%)	3.76	1.03	27.38	2.15	7.24
Ca/Mg (me/100 ml)	1.51	0.46	30.82	0.24	3.07
Ca/K (me/100 ml)	86.56	61.92	71.53	13.50	398.57
Mg/K (me/100 ml)	59.61	46.36	77.78	6.33	265.0
(Ca+Mg)/K (me/100 ml)	146.18	102.85	70.36	25.84	544.28

### Anexo 15. Análisis por cada Procedencia (Estadísticos Descriptivos)

A) ANÁLISIS DESCRIPTIVO PARA CARTA VIEJA (22 Parcelas( 31% ))					
Variable	$\bar{X}$ Media	$\sqrt{S}$ Desviación Estándar	Coefficiente Variación (%)	Valores Mínimos	Valores Máximos
Espaciamiento (L) (m)	2.98	0.13	4.56	2.80	3.30
Espaciamiento (A) (m)	2.96	0.24	8.05	2.50	3.30
Area Neta (m <sup>2</sup> )	708	326	46	144	973
N° Árboles	59	38	64.6	25	100
Pendiente (%)	16	7	46.2	8	27
Altura 1 (m)	2.61	0.78	30.11	1.0	4.2
Altura 2 (m)	3.94	0.70	17.91	2.70	5.40
Altdom 1 (m)	3.80	1.23	32.55	1.40	5.90
Altdom 2 (m)	5.39	1.07	19.89	2.90	7.0
DAP (cm)	4.18	0.95	22.95	2.9	7.5
Índice de Sitio (m)	12.55	4.08	32.5	4.64	19.44
Área Basal (m <sup>2</sup> /ha)	1.72	1.08	62.79	0.10	4.70
Volumen (m <sup>3</sup> /ha)	4.29	2.36	55.04	0.26	9.16
Supervivencia 1 (%)	94.04	7.46	7.93	72	100
Supervivencia 2 (%)	94.22	6.78	7.20	76	100
IMADAP (cm)	2.61	0.53	20.26	1.90	4.50
IMAALT (m)	2.48	0.39	15.74	1.80	3.20
IMAVOL (m <sup>3</sup> /ha)	2.74	1.47	53.87	0.20	6.0
ANÁLISIS DE SUELO					
PH	4.88	0.42	8.7	4.30	5.60
Al (me/100 ml)	1.33	1.45	109	0.20	3.70
Ca (me/100 ml)	14.04	5.05	35.96	2.70	27.9
Mg (me/100 ml)	10.03	3.12	31.09	3.90	15.90
K (me/100 ml)	0.24	0.21	85.77	0.06	0.67
P (ug/ml)	2.18	0.58	26.97	2.0	4.0
Zn (ug/ml)	4.61	2.10	45.68	1.40	8.9
Mn (ug/ml)	44.63	29.99	67.19	4.0	88.0
Cu (ug/ml)	6.81	2.06	30.23	2.0	9.0
Fe (ug/ml)	50.27	24.20	48.14	27.0	146.0
MO (%)	4.05	1.07	26.47	3.22	6.70
Ca/Mg (me/100 ml)	1.48	0.53	35.92	0.24	2.73
Ca/K (me/100 ml)	97.05	84.65	87.22	13.50	398.57
Mg/K (me/100 ml)	66.14	55.07	83.26	18.20	265.0
(Ca+Mg)/K (me/100 ml)	163.19	130.63	80.04	38.50	544.28

<b>B) ANÁLISIS DESCRIPTIVO PARA TANZANIA (12 Parcelas ( 17% ))</b>					
Variable	$\bar{X}$ Media	$\sqrt{S}$ Desviación Estándar	Coefficiente Variación (%)	Valores Mínimos	Valores Máximos
Espaciamiento (L) (m)	2.89	8.0	2.74	2.80	3.0
Espaciamiento (A) (m)	2.87	0.28	9.73	2.50	3.10
Area Neta (m <sup>2</sup> )	518	339	65.5	144	900
N° Árboles	25	0	0	25	25
Pendiente (%)	13	7	52.3	8	25
Altura 1 (m)	2.51	0.80	32.13	1.30	3.80
Altura 2 (m)	3.83	0.58	15.18	2.60	4.70
Altdom 1 (m)	3.59	1.27	35.46	1.30	5.20
Altdom 2 (m)	5.10	1.24	24.33	2.60	6.30
DAP (cm)	4.17	0.55	13.28	3.30	5.0
Índice de Sitio (m)	11.86	4.23	35.71	4.24	17.24
Area Basal (m <sup>2</sup> /ha)	2.01	1.19	59.27	0.10	3.20
Volumen (m <sup>3</sup> /ha)	4.93	2.89	58.67	0.26	7.76
Supervivencia 1 (%)	92.33	10.84	11.74	64	100
Supervivencia 2 (%)	91.66	10.71	11.68	64	100
IMADAP (cm)	2.65	0.24	9.31	2.30	3.0
IMAALT (m)	2.41	0.28	11.81	1.80	2.80
IMAVOL (m <sup>3</sup> /ha)	3.10	1.84	59.47	0.20	5.20
<b>ANÁLISIS DE SUELO</b>					
PH	4.69	0.38	8.10	4.30	5.20
Al (me/100 ml)	1.93	1.58	81.74	0.25	3.70
Ca (me/100 ml)	15.16	2.43	16.08	12.7	17.9
Mg (me/100 ml)	10.83	1.30	12.03	8.90	12.20
K (me/100 ml)	0.31	0.26	83.66	0.13	0.67
P (ug/ml)	2.0	0	0	2.0	2.0
Zn (ug/ml)	4.60	1.94	42.35	3.0	7.2
Mn (ug/ml)	56.91	32.68	57.42	9.0	88.0
Cu (ug/ml)	7.66	0.98	12.84	7.0	9.0
Fe (ug/ml)	51.83	11.18	21.57	43	70
MO (%)	3.42	0.36	10.57	3.22	4.02
Ca/Mg (me/100 ml)	1.41	0.23	16.79	1.11	1.64
Ca/K (me/100 ml)	84.46	48.99	58.01	20.29	127.85
Mg/K (me/100 ml)	55.62	27.9	50.16	18.20	77.85
(Ca+Mg)/K (me/100 ml)	140.08	76.77	54.80	38.50	205.71

<b>C) ANÁLISIS DESCRIPTIVO PARA TRINIDAD (38 Parcelas ( 52% ))</b>					
Variable	$\bar{X}$ Media	$\sqrt{S}$ Desviación Estándar	Coficiente Variación (%)	Valores Mínimos	Valores Máximos
Espaciamiento (L) (m)	2.93	0.25	8.53	2.0	3.30
Espaciamiento (A) (m)	3.02	0.30	10.04	2.50	4.10
Area Neta (m <sup>2</sup> )	810	276	34	144	1,112
N° Árboles	76	35	46.5	25	115
Pendiente (%)	17	11	66.5	2	60
Altura 1 (m)	2.72	1.35	49.85	0.80	6.1
Altura 2 (m)	3.80	1.47	38.76	0.80	7.0
Altdom 1 (m)	3.94	1.56	39.81	1.30	7.4
Altdom 2 (m)	5.43	1.66	30.62	1.40	8.4
DAP (cm)	4.45	1.60	35.95	2.3	10.6
Índice de Sitio (m)	13.03	5.14	39.46	4.44	24.54
Área Basal (m <sup>2</sup> /ha)	1.98	1.69	85.10	0.10	9.20
Volumen (m <sup>3</sup> /ha)	4.88	3.92	80.28	0.26	21.66
Supervivencia 1 (%)	94.57	7.92	8.38	60	100
Supervivencia 2 (%)	94.02	8.30	8.83	60	100
IMADAP (cm)	2.72	0.87	32.14	1.50	6.0
IMAALT (m)	2.35	0.82	35.08	0.50	3.90
IMAVOL (m <sup>3</sup> /ha)	2.94	2.26	76.84	0.10	12.4
<b>ANÁLISIS DE SUELO</b>					
PH	4.87	0.42	8.62	4.30	5.90
Al (me/100 ml)	1.60	1.78	110.93	0.15	6.0
Ca (me/100 ml)	14.49	3.72	25.67	6.3	25.9
Mg (me/100 ml)	9.79	2.72	27.84	3.90	15.90
K (me/100 ml)	0.27	0.22	80.01	0.06	1.01
P (ug/ml)	2.42	0.82	34.13	2.0	4.0
Zn (ug/ml)	4.87	3.27	67.04	1.4	13.8
Mn (ug/ml)	33.76	32.63	96.65	3.0	88.0
Cu (ug/ml)	5.92	2.48	41.99	2.0	10.0
Fe (ug/ml)	53.26	31.43	59.02	23.0	146.0
MO (%)	3.70	1.11	30.20	2.15	7.24
Ca/Mg (me/100 ml)	1.56	0.48	30.92	0.79	3.07
Ca/K (me/100 ml)	81.16	49.80	61.35	19.50	210.0
Mg/K (me/100 ml)	57.09	46.21	80.94	6.33	265
(Ca+Mg)/K (me/100 ml)	138.25	92.80	67.12	25.84	475