



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

TESIS DE GRADO

Determinación del Incremento Medio Anual de teca (*Tectona grandis* L.F.) y fernansánchez (*Triplaris cumingiana* Fisch. & C.A. Mey) establecidos en Sistema Agroforestal con cacao (*Theobroma cacao* L), en la Finca Experimental La Represa.

Previo a la obtención del título de:
Ingeniero Forestal

AUTOR:

Jorge Washington Cervantes Borbor

DIRECTOR DE TESIS:

Ing. José Pedro Suatunce Cunuhay, M. Sc.

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2013

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Jorge Washington Cervantes Borbor, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Jorge Washington Cervantes Borbor

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

El suscrito, Ing. For José Suatunce, docente de la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el aspirante **Jorge Washington Cervantes Borbor** realizó bajo mi dirección el trabajo de investigación titulado, “**Determinación del Incremento Medio Anual de teca (*Tectona grandis* L.F.) y fernansánchez (*Triplaris cumingiana* Fisch. & C.A. Mey) establecidos en Sistema Agroforestal con cacao (*Theobroma cacao* L), en la finca Experimental La Represa**”. Habiendo cumplido todas las disposiciones legales establecidas al efecto.

Ing. Pedro Suatunce Cunuhay M. Sc.
DIRECTOR



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA INGENIERIA FORESTAL

TESIS DE GRADO

Determinación del Incremento Medio Anual de teca (*Tectona grandis* L.F.) y fernansánchez (*Triplaris cumingiana* Fisch. & C.A. Mey) establecidos en Sistema Agroforestal con cacao (*Theobroma cacao* L), en la finca Experimental La Represa.

Presentado al Consejo Directivo como requisito previo a la obtención del título de INGENIERO FORESTAL.

Aprobado:

Ing. For. Darwin Salvatierra Piloza, M. Sc.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE TESIS

Ing. Edwin Jiménez Romero, Mag. Sc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE TESIS

Ing. For. César Cevallos Cueva
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE TESIS

AGRADECIMIENTO

El autor deja constancia de su agradecimiento primeramente a Dios, por bendecirme y darme las fuerzas para alcanzar mi sueño anhelado. Además, agradece a las instituciones y personas siguientes:

A la UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

Al Ing. Roque Luis Vivas Moreira, M. Sc., Rector de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

A la Ing. Guadalupe del Pilar Murillo Campuzano M. Sc., Vicerrectora Administrativa de la UTEQ.

A la Ing. Williams Daniel Burbano Montecé, M. Sc., Vicerrector Académico de la UTEQ.

Al Ing. For. Elías Cuásquer Fuel Coordinador de la Carrera de Ingeniería Forestal por la motivación brindada para la culminación de mi formación profesional.

Al Ing. José Suatunce Cunuhay, M. Sc., Director de Tesis, por su motivación y apoyo incondicional para concluir el presente trabajo.

A los integrantes del Tribunal de Tesis.

A los Ings. Darwin Salvatierra, José Luis Muñoz y Héctor Gómezcoello, docentes de la Facultad de Ciencias Ambientales que nos impartieron conocimientos actualizados y contribuyeron en el planteamiento de esta tesis.

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico con todo mi amor y cariño para mis padres Sr. Pedro Cervantes (+) y Sra. Yolanda Borbor, por ser las personas que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi agradecimiento de todo corazón.

A mi esposa y mis hijas por su paciencia y comprensión, que me inspiraron a ser mejor y prefirieron sacrificar su tiempo para que yo pudiera cumplir con mí meta.

A mis amigos que han formado parte de mi vida y todas las personas que de alguna forma contribuyeron en la realización de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
PORTADA.....	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS.....	iii
TRIBUNAL DE TESIS.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATPORIA.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE CUADROS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	ix
DUBLIN CORE.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
CAPÍTULO I: MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.2. OBJETIVOS.....	3
1.2.1. Objetivos Generales.....	3
1.2.2. Objetivos Específicos.....	3
1.2. HIPÓTESIS.....	3
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	5
2.1.1. Crecimiento y Desarrollo de las Plantas.....	5
2.1.1.1. Crecimiento.....	5
2.1.1.2. Determinación del crecimiento.....	5
2.1.1.3. Incremento medio anual.....	5
2.1.1.4. Desarrollo.....	5
2.1.2. Descripción de la Teca.....	6
2.1.2.1. Taxonomía.....	6
2.1.2.2. Descripción dendrológica.....	6
2.1.2.3. Hábitat y distribución.....	7
2.1.2.4. Características fenológicas.....	7
2.1.2.5. Método de repoblación.....	8
2.1.2.6. Plantación.....	8
2.1.2.7. Distancia de plantación.....	9
2.1.2.8. Crecimiento de la teca.....	9
2.1.2.9. Usos.....	10
2.2.3. Descripción de Fernansánchez.....	11
2.1.3.1. Taxonomía.....	11
2.1.3.2. Descripción dendrológica.....	11
2.1.3.3. Ecología y distribución.....	12
2.1.3.4. Silvicultura.....	12

Contenido	Página
2.1.3.5. Regeneración natural.....	12
2.1.3.6. Repoblación.....	12
2.1.3.7. Usos.....	14
2.1.4. Descripción del cacao.....	14
2.1.4.1. Taxonomía.....	14
2.1.4.2. Descripción botánica.....	14
2.1.4.3. Origen y distribución.....	16
2.1.4.4. Entorno climático.....	16
2.1.4.5. Establecimiento.....	19
2.1.5. Agroforestería.....	20
2.1.6. Sistemas Agroforestales.....	21
2.1.6.1. Clasificación de sistemas agroforestales.....	22
2.1.6.2. Clasificación estructural basado en la naturaleza de los componentes.....	22
2.1.6.3. Clasificación basado en el arreglo temporal de los componentes.....	24
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	26
3.1. MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
3.1.1. Localización y Características Edafo-Climáticas del Sitio de estudio.....	27
3.1.2. Materiales.....	28
3.1.2.1. Materiales de campo.....	28
3.1.2.2. Materiales de oficina.....	28
3.1.3. Metodología.....	28
3.1.4. Tipo de Investigación.....	29
3.1.5. Diseño de Investigación.....	29
3.1.5.1. Diseño Experimental.....	29
3.1.5.1. Establecimiento de las unidades de muestreo (UM).....	29
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
4.1. RESULTADOS.....	31
4.1.1. Incremento en Diámetro y altura de especies forestales.....	31
4.1.2. Incremento en Área Basal y Volumen de especies forestales.....	31
4.1.3. Altura del Cacao Asociado con Especies Forestales.....	32
4.1.3. Correlación entre la edad de las especies con el DAP y la altura total..	32
4.2. DISCUSIÓN.....	34
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	36
5.1. CONCLUSIONES.....	37
5.2. RECOMENDACIONES.....	38
CAPÍTULO VI: BIBLIOGRAFÍA.....	39
6.1. LITERATURA CITADA.....	40
CAPÍTULO VII: ANEXOS.....	46

ÍNDICE DE CADROS

Cuadro	Página
Cuadro 1. Esquema de análisis de varianza factorial (ANDEVA).....	29
Cuadro 2. Incremento Medio Anual (IMA) del DAP y altura total de las especies forestales asociadas con cacao, a los cinco años de edad. UTEQ, 2013.....	31
Cuadro 3. Incremento Medio Anual (IMA) del área basal y volumen de las especies forestales asociadas con cacao, a los cinco años de edad. UTEQ, 2013.....	32
Cuadro 4. Cuadro 4. Altura del cacao asociado con especies forestales, a los cinco años de edad. UTEQ, 2013.....	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1. Correlación entre la edad y DAP de teca y fernansánchez. UTEQ, 2013.....	33
Figura 2. Correlación entre la edad y altura de teca y fernansánchez. UTEQ, 2013.....	33

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo	Página
Anexo 1. Mapa de Ubicación de la Finca Experimental La Represa de la UTEQ.....	47
Anexo 2. Distribución de las parcelas experimentales.....	48
Anexo 3. Medición de árboles.....	49

(DUBLIN CORE) ESQUEMAS DE CODIFICACIÓN			
1	Titulo/Title	M	"Determinación del Incremento Medio Anual de teca (<i>Tectona grandis</i> L.F.) y fernansánchez (<i>Triplaris cumingiana</i> Fisch. & C.A. Mey) establecidos en Sistema Agroforestal con cacao (<i>Theobroma cacao</i> L), en la Finca Experimental La Represa".
2	Creador/Creator	M	Cervantes J. Universidad Técnica Estatal de Quevedo
3	Materia/Subject	M	Ciencias Ambientales.
4	Descripción/Description	M	Se estudiaron y analizaron el incremento del Medio Anual de la teca y Fernansánchez establecidos en Sistema Agroforestal con cacao en una área de 9963 m ² Se establecerán 3 parcelas de forma cuadrada de 324m ² (18 X 18 m), para cada especie en los cuales se procedió a tomar datos del DAP , altura total, Área Basal, Volumen y el IMA.
5	Editor/Publisher	M	FACAMB; Carrera de Ingeniería Forestal; Cervantes J.
6	Colaborador/Contributor	O	Ing. Pedro Suatunce Cunuhay
7	Fecha/Date	M	Diciembre /2013
8	Tipo/Type	M	Tesis de grado.
9	Formato/Format	R	.docx MS Word 2007; .pdf
10	Identificador/Identifier	R	http://biblioteca.uteq.edu.ec
11	Fuente/Source	O	Investigación Forestal.
12	Lenguaje/Language	O	Español
13	Relación/Relation	O	Ninguno
14	Cobertura/Coverage	O	Localización geoespacial electromagnética.
15	Derechos/Rights	M	Ninguno
16	Audiencia/Audience	O	Tesis de Pregrado/ BachelorThesis

RESUMEN EJECUTIVO

Esta investigación se realizó en un área experimental de sistema agroforestal de teca (*Tectona grandis* L.f.) y fernansánchez (*Triplaris cumingiana* F.) asociados con cacao (*Theobroma cacao* L.). El objetivo fue evaluar el Incremento Medio Anual (IMA) de las especies forestales, en la localidad de Quevedo. Se utilizó un diseño completamente al azar con tres repeticiones. El ensayo estuvo formado por 24 unidades experimentales, 12 para cada especie. El cacao se encuentra plantado una distancia de 3 x 3 m entre plantas e hileras. Las especies forestales fueron establecidas a una distancia de 9 x 9 m entre plantas y entre hileras. Se registró la altura en el cacao, el diámetro y la altura en las especies forestales. Los resultados obtenidos, a los cinco años de establecido el ensayo, indican que la teca obtuvo los mayores promedios de IMA en diámetro, altura, área basal y volumen. Estos resultados sugieren que las condiciones edafoclimáticas de Quevedo son apropiadas para el crecimiento de la teca.

ABSTRACT

This research was carried out in the experiment area of agroforestry system with teak (*Tectona grandis* L.f.) and the ant tree (*Triplaris cumingiana* F.) associated with cocoa (*Theobroma cocoa* L.) The objective was to evaluate the Annual Increase Average (IMA) of the forest species in the location of Quevedo. A totally at random design was used with three repetition. The experiment was formed by 24 experimental units, 12 for each species. The cocoa was planted at a distance of 3 x 3 m between plants and arrays. The forest species were established at a distance of 9 x 9 m among plants and among arrays. The height in the cocoa, the diameter and the height in the forest species were registered. The obtained results, at the five years of the experiment established, indicate that the teak obtained the major averages of IMA in diameter and height, basal, volume. This results suggest that the conditions of soil and climate of Quevedo is appropriate for the growth of the teak.

CAPÍTULO I

MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

La agroforestería comenzó a atraer la atención de la comunidad científica a finales de la década de 1970; hoy en día su práctica está difundida alrededor del mundo como una de las opciones más viables para el uso sustentable de la tierra. Su potencial como sistema de producción sostenible despierta interés tanto de investigadores como de productores. La agroforestería constituye una alternativa para producción agrícola y obtención de madera al final del ciclo del sistema, lo cual incrementa la rentabilidad de una unidad de producción (Budowski, 1993).

El cultivo de cacao, principalmente en fincas de pequeños productores con áreas menores a 5 ha, normalmente se encuentra asociado con otras especies perennes; con alguna frecuencia, se establecen dentro de las plantaciones de cacao especies forestales o frutales y plátano (*Musa sp.*), sin seguir patrones determinados de distancia o arreglo espacial (Martínez y Enríquez 1981). En diferentes países tropicales, el cacao se establece con diferentes especies arbóreas que además de sombra aportan beneficios económicos y ecológicos complementarios al cacao (Duguma *et al.*, 1999, Almeida *et al.*, 2002).

En el Litoral ecuatoriano, en los últimos años, se ha incrementado el área de plantaciones forestales establecidas con especies de rápido crecimiento, tales como la teca (*Tectona grandis*). El uso de la teca en los proyectos de reforestación se ha incrementado por su fácil establecimiento, buen crecimiento inicial y por la calidad de la madera (Chaves y Fonseca, 2004). En investigaciones anteriores se ha obtenido buenos resultados de fernansánchez asociado con cacao, por lo que se incluyó en este ensayo de sistema agroforestal con teca y fernansánchez a fin de evaluar el crecimiento en este sistema.

En la actualidad existe gran demanda de madera de las especies tropicales, tales como: la teca y fernansánchez. Estas especies tienen gran importancia, por su rápido crecimiento, su madera de muy alta calidad y gran valor comercial. La teca tiene muchos usos tales como: construcciones, ebanistería fina, chapa y

contrachapada decorativa. El fernansánchez también es utilizado en la ebanistería y carpintería.

Todo esto resulta favorable para establecer plantaciones comerciales, en los que se puede incluir los sistemas de plantación asociada con cultivos perennes como el cacao, ya que la demanda de teca y fernansánchez en nuestro país es cada vez mayor. Además, se hace necesario realizar investigaciones sobre el crecimiento de estas dos especies establecidas en sistemas agroforestales, a fin de conocer los rendimientos de madera que obtendrán al final del turno.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Determinar el incremento medio anual (IMA) de la teca (*Tectona grandis*) y fernansánchez (*Triplaris cumingiana*) en la finca experimental La Represa.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar el crecimiento de la teca y fernansánchez a través de variables dasométricas.
- Correlacionar el crecimiento de la teca y fernansánchez con la edad.

1.3. HIPÓTESIS

H₀: No existe diferencia en el crecimiento de la teca y fernansánchez asociados con cacao.

H₁: Existe diferencia en el crecimiento de la teca y fernansánchez asociados con cacao.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓTICA

2.1.1. Crecimiento y desarrollo de las plantas

El crecimiento y desarrollo de las especies vegetales se encuentran estrechamente sincronizados con los cambios estacionales. Las flores, semillas y frutos, se forman cuando las condiciones del ambiente son las adecuadas (Jensen y Salisbury, 1988).

2.1.1.1. Crecimiento

Significa aumento de tamaño en un solo sentido. El crecimiento se puede determinar midiendo una de las variables de la planta como la altura, desde que nace hasta que alcanza la madurez y muere (Jensen y Salisbury, 1988).

2.1.1.2. Determinación del crecimiento

El crecimiento de los árboles se puede expresar en términos cuantitativos, mediante variables como altura, diámetro, área basal y volumen (Nevarez, 1982).

2.1.1.3. Incremento medio anual

Es el incremento promedio anual (altura, diámetro, área basal o volumen) para una serie de edades determinadas. Por lo general, se lo deriva indirectamente de una curva o tabla de magnitud relacionada con la edad (Nevarez, 1982).

2.1.1.4. Desarrollo

Es el cambio que experimentan las células del individuo en una etapa de su vida, es decir, aumentan la complejidad de su crecimiento. Por ejemplo: la formación de flores y posterior a ésta la transformación en fruto; la yema terminal que da lugar a la aparición de hojas; la raíz primaria da lugar a la formación de raíces secundarias (Jensen y Salisbury, 1988).

2.1.2. Descripción de la Teca

2.1.2.1. Taxonomía

Orden: Lamiales

Familia: Verbenaceae

Género: *Tectona*

Nombre científico: *Tectona grandis*

Nombres comunes. Teak (Siam, Birmania, Indonesia); Maysak (Laos); teck y giati (Vietnam); ojati (Java); en la India se conoce como sagun, saguan, skhu, toak, shiptru, India oak; teca en (Cuba, España y países Hispanos); teck (Francia); saca (sánscrito); sag (arábigo y persa); mahrati (Indios): sag y sagwan (lenguas derivadas del sánscrito); teka (tamil y otras lenguas dravídicas); teak (ingles).

2.1.2.2. Descripción Dendrológica

La teca es un árbol muy grande y deciduo que en su hábitat natural. Normalmente alcanza 30 metros de altura y un metro de diámetro y ocasionalmente 45 m de altura. Generalmente su fuste es limpio y en algunas ocasiones aparece estriado en la base y con frecuencia provisto de contrafuertes en los árboles viejos. La teca de la India e Indonesia generalmente tiene ramas hasta la parte baja del fuste, el mismo que frecuentemente se lo puede encontrar bifurcado. En los árboles jóvenes sin poda, la copa es angosta con follaje rojizo que desaparece con el tiempo. En la madurez, conforma una copa mediana, irregular y algo abierta. La corteza de la teca tiene hasta 2 cm de espesor, de color carmelita, ligeramente fisurada (CONIF-CORMADERA, 2000).

Las hojas son llamativas por su tamaño, son simples, opuestas, ovales, de color verde oscuro y áspero en el haz; verde claro y tomentosas en el envés; gruesas, coriáceas y ásperas al tacto. Miden comúnmente entre 30 y 60 cm de largo y 20 a 40 cm de ancho. En las plantas jóvenes las hojas son de mayor tamaño. Las

flores son pequeñas y de color blanco, están dispuestas en panículas de hasta 40 x 35 cm de tamaño. El fruto es una drupa envuelto en un cáliz persistente. Mide aproximadamente 1cm de diámetro y posee 4 carpelos, que produce de 1 a 4 semillas. Las semillas son de tamaño pequeño de 5 a 6 mm de largo y contextura oleaginosa.

2.1.2.3. Hábitat y distribución

Esta especie logra su máximo desarrollo y tamaño en un clima cálido y húmedo, con precipitación pluvial de 1270 a 3800 mm, aunque puede existir en sitios donde las lluvias no pasan de 760 mm. Los mejores rendimientos se obtienen entre los 1000 o 2000 mm de precipitación anual. El crecimiento óptimo de la teca tiene lugar con una temperatura mensual mínima superior a 13 °C y una máxima inferior a 40 °C. Los mejores crecimientos se han observado en suelos de pH neutro, bien drenados, con bastante oxígeno y buena aireación. Los suelos franco-arenosos y aluviales arcillosos no muy pesados, son los ideales. La teca no tolera suelos anegados o pantanosos (CONIF-CORMADERA, 2000).

La especie es originaria de la mayor parte de Birmania, la península de la India, el oeste de Tailandia e Indonesia, entre la Latitud 25° a 12° N y la longitud 104° a 73° E. También se ha encontrado al sur de Ecuador, en Java y algunas pequeñas islas del Archipiélago Indonesio (CONIF-CORMADERA, 2000). En Myanmar la Teca se encuentra asociada con seis tipos de bosque que van de los semi-siempreverdes tropicales y húmedos, pasando por bosques caducifolios húmedos bajos y altos, y por bosques caducifolios secos, hasta bosques muy secos (Gajasenil y Jordan, 1990).

2.1.2.4. Características Fenológicas

La teca es una especie caducifolia, de fructificación abundante y frecuente, cuando su edad es más de 10 años da frutos casi todos los años (Briscoe, 1995). Esta especie florece en época lluviosa y el fruto se madura en la siguiente

estación seca. Fructifica por primera vez entre los 5 a 6 años de edad, aunque en algunos casos pueden hacerlo a los dos años de edad o más de los 6 años de edad, cuando las condiciones medioambientales son desfavorables (CORMADERA Y OIMT, 2001). En el Ecuador se ha observado que la teca florece por primera vez, aproximadamente, a los 4 años pero su semilla no es viable. La época de la floración es entre los meses de febrero - mayo y los frutos están listos para la cosecha entre los meses de Julio – Octubre.

2.1.2.5. Métodos de repoblación

La regeneración natural absoluta es difícil, pero se la puede provocar abriendo el dosel, eliminando el soto bosque, practicando quemas y eventualmente removiendo superficialmente al suelo, junto a los árboles semilleros (Torres, 1995). La teca se regenera por medio de semillas, también por brotes de cepa, especialmente después de una quema (Cedege, 1992). Los métodos de siembra directa o plantación de seudoestacas son los más usados, y de éstos el último es el más frecuente (Torres, 1995).

2.1.2.6. Plantación

La teca se planta como plantones, estacas con raíz, como seudoestacas, con una pequeña sección de raíz primaria unida a una estaca basal y como tocones. Los tocones pueden ser de 1 a 4 cm de tallo y de 15 a 25 cm de raíz, los mismos que son fáciles para transportar y plantar, con un costo menor; el crecimiento posterior es más rápido y generalmente provee una supervivencia mayor en sitios secos. En la región tropical, el tocón es la forma de plantación más utilizada (Briscoe, 1995).

En un ensayo preliminar realizado en el vivero de la UIA de la UTEQ, se observó que los tocones de 5 cm de tallo y 10 cm de raíz presentaron mayor sobrevivencia; mientras que los tocones de 15 cm de tallo y 20 cm de raíz presentaron mayor altura pero menor sobrevivencia, a los 90 días de establecido (UIA, 1999).

2.1.2.7. Distancia de Plantación

La teca se establece, generalmente, en plantaciones puras a plena luz. Los espaciamientos varían desde 1,8 x 1,8 m hasta 5 x 5 m (Betancourt, 1987). Las distancias de plantación más utilizados son de 2 x 2 m, 2,5 x 2,5 m y 3 x 3 m (CORMADERA Y OIMT, 2001). Estos espaciamientos permiten la producción de madera de calidad estructural, ya que limitan el crecimiento de ramas gruesas y la consecuente formación de nudos. En Centroamérica se han obtenido los mejores resultados con espaciamientos de 3 x 3 m, es decir con una densidad de 1111 plantas por hectárea (Torres, 1995). Otro sistema utilizado es la plantación en hileras en los linderos y divisiones de potreros o en callejones en los carreteros.

También se puede plantar en asociación con otras especies de valor comercial o en combinación con cultivos perennes y leguminosas (sistema Taungya), como se practica en Indonesia y otros países del Asia, al igual que en Venezuela, El Salvador, Honduras, Cuba y Trinidad, donde se cultiva banano, plátano y granos básicos dentro de las plantaciones de teca en los primeros años. Bajo este sistema los espaciamientos varían desde 2 x 2 m hasta 5.3 x 5.3 m (Chable, 1967). En el Ecuador, en la finca Experimental la Represa de la UTEQ, se han establecido ensayos de teca, en monocultivo, a distancias de 3 x 3 m y teca asociada con plátano y café, a una distancia de 9 x 9 m (Suatunce *et al.*, 2010).

2.1.2.8. Crecimiento de la teca

El crecimiento de la teca es bastante rápido durante los primeros años, principalmente, en altura; luego va disminuyendo y pasado los 50 años es muy lento (Betancourt, 1987). Durante los primeros años la teca crece de tres a cinco metros de altura por año en los sitios mejores. Luego de los cinco años, el crecimiento casi nunca excede los 2 m por año (Martines citado por Bricoe, 1995). Entre los factores que limitan el crecimiento son: mal drenaje del terreno, suelo con arcillas pesados y compactadas, poco profundos y la presencia de maleza (Torres, 1995).

En la finca experimental la Represa de la UTEQ, los resultados del crecimiento de la teca han sido muy prometedores en comparación con otras especies de la zona, establecidas bajo el mismo sistema. A los diez años de edad, la plantación de teca establecida a un espaciamiento de 3 x 3, m alcanzó un diámetro de 28,13 cm y altura de 14.3 m, mientras que la plantación en sistema agroforestal a un espaciamiento de 9 x 9 m alcanzó un diámetro de 18,1 cm y altura de 20, 21 m (Suatunce *et al.*, 2010).

La edad de la cosecha final de la teca varía, según los países, de 35 a 80 años, con un promedio de 50 años. El turno de la teca depende del objetivo de la plantación, el mercado y el sitio donde se encuentra establecido. Por ejemplo en la costa de marfil, la corta final se hace alrededor de los 80 años. Las rotaciones en el Ecuador, para las plantaciones establecidas a una densidad de 1110 árboles/ha, se estima entre 35 - 45 años, edad en que se obtienen diámetros adecuados para la producción de madera aserrada y de chapa (Lazo *et al.*, 1987).

2.1.2.9. Usos

La madera de teca se emplea en toda clase de construcciones navales y rurales, ebanistería, artesanía, carpintería en general, decorado interior y exterior, carrocerías, puertas y toda clase de obras que requieren madera de excelente calidad (Betancourt, 1987).

2.1.3. Descripción de Fernansánchez

2.1.3.1. Taxonomía

Orden: Poligonales

Familia: Polygonaceae

Género: Triplaris

Nombre científico: *Triplaris cumingiana*

Nombres Comunes. En el Ecuador se lo conoce como fernansánchez, muchina, hormiguero, tangarama y roblón (Acosta, 1960).

2.1.3.2. Descripción dendrológica

Según Ecuador Forestal (2007), el fernansánchez tiene las características siguientes:

Tronco: Es recto, cilíndrico y limpio, generalmente delgado. Mide alrededor de 50 cm. A veces suele tener raíces tablares redondas.

Corteza: La corteza externa es gris clara de textura escamosa, que al descortezarse en tiras largas deja un fondo café. La corteza interior es de color rosado y de sabor amargo.

Copa y hojas: La copa es redonda con ramas huecas y anilladas. Las hojas son alternas con peciolo gruesos, de color verde amarillentos, surcadas y peludas, con nervios secundarios rectos y paralelos.

Flores: Florece en septiembre y octubre. Las flores se encuentran en racimos en espigas de hasta 20 cm de largo, terminales y laterales en los nudos superiores. Cada árbol lleva muchas flores amarillentas unisexuales de hasta 1 cm de largo.

Frutos y semillas: En cada árbol se pueden encontrar grupos numerosos de frutos. Estos son muy vistosos, debido a su color rosado. Están cubiertos por un cáliz tabular elíptico de color café de 1 cm, con tres alas oblongas rosadas en la parte terminal, que le sirven para dispersarse a mayor distancia. Los frutos maduran en octubre. El fruto contiene una semilla de 1 cm de color café lustroso.

2.1.3.3. Ecología y distribución

La especie se encuentra en toda la región costera y en Loja. Es común y ampliamente distribuida por los bosques húmedos, incluyendo llanuras de ríos y bosques tropofíticos y secos. Según la clasificación Holdridge se halla en el bosque húmedo tropical (bh –T), bosque húmedo premontano (bh-PM) y en el bosque seco tropical (bs-T). Las semillas germinan en suelos despejados (Ecuador Forestal, 2007).

2.1.3.4. Silvicultura

Esta especie necesita suelos con materia orgánica media, de textura franco arcillosa, aluviales, con un pH ligeramente ácido. En cuanto a luminosidad requiere de abundante luz durante todo su crecimiento (Ecuador Forestal, 2007).

2.1.3.5. Regeneración natural

En campo abierto tiene una buena regeneración; es una especie pionera en bosque secundario (Ecuador Forestal, 2007).

2.1.3.6. Repoblación

- **Prácticas de Vivero:** Para homogenizar la germinación, las semillas pueden ser sometidas a uno de los tratamientos pre-germinativos conocidos para ablandarlas, aunque no es necesario. La germinación se concentra en un período entre 8 y 15 días, se repican a macetas cuando las plantillas tienen

unos 5 cm de altura. Las plántulas están listas en unos 5 meses (Ecuador Forestal, 2007).

- **Preparación del Terreno:** La preparación del terreno se refiere a las labores de limpieza en franjas del rastrojo originado por la sucesión natural de cultivos agropecuarios abandonados. Se deben hacer una señalización de los sitios en donde se encontrarán los hoyos, para posteriormente abrirlos. Con relación al espaciamiento, si el objetivo es producir madera aserrada de buena calidad se recomienda distanciamientos menores entre plantas (3 x 3 metros y de 4 x 4 metros) para limitar el desarrollo de ramas y consecuente presencia de nudos.

Sin embargo, de acuerdo a los objetivos de la plantación, se pueden utilizar espaciamientos de 5 x 5 m o de 6 metros entre líneas y 4 m entre plantas; hasta 7 m entre líneas y 3,5 m entre plantas. Con menores espaciamientos, serán necesarios mayores raleos, en tanto que con mayores espaciamientos, las podas serán más tempranas y frecuentes. Aunque la especie presenta una poda natural, es necesario hacerla anticipadamente para evitar el engrosamiento de ramas (Ecuador Forestal, 2007).

- **Crecimiento y Manejo de la Plantación.** De acuerdo a información verbal de Adriana Marín (Tropibosque S.A.) en una plantación experimental mixta de Fernán Sánchez y Teca, establecido con un espaciamiento de 3 x 3 metros, durante los primeros años el crecimiento fue superado por Teca, pero a la edad actual de 5,5 años, el crecimiento de las dos especies es bastante similar (8 a 14 cm de DAP, y 10 a 14 m de altura). Se prevé un turno para Fernán Sánchez de 20 años, con 3 raleos intermediarios al 40% a los 6,9 y 12 años, aproximadamente.

El control de bejuco, según la misma fuente, se efectuó con machete o tijera, al menos 3 veces el primer año. El plan de mantenimiento referente a limpiezas de coronación, chapas y mangas, depende de la zona ecológica en la que se ejecute la plantación, siendo más frecuente para zonas de bosque húmedo

tropical y premontano, donde se aplica anualmente hasta dos limpiezas de coronación, dos de mangas y dos chapas, los dos primeros años y al menos una corona, una manga y una chapa en el tercer año (Ecuador Forestal, 2007).

2.1.3.7. Usos

La madera es utilizada para producir muebles, chapas y chapas decorativas, construcción en general, carpintería para interiores, parquet, revestimientos, entre otros usos (ECUADOR FORESTAL, 2007).

2.1.4. Descripción del Cacao

2.1.4.1. Taxonomía

Orden: Malvales

Familia: Sterculiaceae

Género: *Theobroma*

Nombre científico: *Theobroma cacao*

Nombres Comunes. Bizíáa, Bizoya, Pizoya, Yagabizoya, Yagabisoya, Yagapi-zija (l. zapoteca, Oax); Cacaotero, Cacaocuáhuatl (l. nahuatl); Caco (l. mixe); Cágau (l. Popoluca, Ver); Kahau, Haa (l. maya, Yuc); Cajecua (l. tarasca); Chudenchú (l. otomí); Ma-micha- moya, Mo-chá (l. chinanteca); Yau (Yuc); Cacao, Cacahuatzaua (l. zoque, Chis).

2.1.4.2. Descripción Botánica

Según Species Plantarum (1998) el cacao presenta las características botánicas siguientes:

Forma. Árbol de pequeña talla, perennifolio, de 4 a 7 m de altura (cultivado). El cacao silvestre puede crecer hasta 20 m o más.

Copa y Hojas. Copa baja, densa y extendida. Hojas grandes, alternas, colgantes, elípticas u oblongas, de 20 a 35 cm de largo por 4 a 15 cm de ancho, de punta larga, ligeramente gruesas, margen liso, verde oscuro en el haz y más pálido en el envés, cuelgan de un pecíolo.

Tronco y Ramas. El tronco tiene un hábito de crecimiento dimórfico, con brotes ortotrópicos o chupones. Ramas plagiotrópicas o en abanico. Las ramas primarias se forman en verticilos terminales con 3 a 6 ramillas; al conjunto se le llama "molinillo". Es una especie cauliflora, es decir, las flores aparecen insertadas sobre el tronco o las viejas ramificaciones.

Corteza. Externa de color castaño oscuro, agrietada, áspera y delgada. Interna de color castaño claro, sin sabor.

Flores. Nacen en grupos pequeños llamados cojines florales y se desarrollan en el tronco y ramas principales. Las flores salen donde antes hubieron hojas y siempre nacen en el mismo lugar; por eso, es importante no dañar la base del cojín floral para mantener una buena producción. De las flores se desarrollan los frutos con la ayuda de algunos insectos pequeños (Species Plantarum, 1998).

Frutos. El fruto una baya grande comúnmente denominada "mazorca", carnosa, oblonga a ovada, amarilla o purpúrea, de 15 a 30 cm de largo por 7 a 10 cm de grueso, puntiaguda y con camellones longitudinales; cada mazorca contiene en general entre 30 y 40 semillas dispuestas en placentación axial e incrustadas en una masa de pulpa desarrollada de las capas externas de la testa.

Semillas. Semillas grandes del tamaño de una almendra, color chocolate o purpúreo, de 2 a 3 cm de largo y de sabor amargo. No tiene albumen y están recubiertas por una pulpa mucilaginosa de color blanco y de sabor dulce y acidulado. Todo el volumen de la semilla en el interior está prácticamente ocupado por los 2 cotiledones del embrión. Se les llama vulgarmente "habas" o "granos" de cacao. Ricas en almidón, en proteínas, en materia grasa, lo cual les confiere un valor nutritivo real.

Raíz. El sistema radical se compone de una raíz pivotante que en condiciones favorables puede penetrar más de 2 m de profundidad, favoreciendo el reciclaje de nutrientes y de un extenso sistema superficial de raíces laterales distribuidas alrededor de 15 cm debajo de la superficie del suelo.

2.1.4.3. Origen y extensión

El cacao es una planta originaria de los trópicos húmedos de América. Su centro de origen parece estar situado en el noroeste de América del Sur, en la zona amazónica. Cuando los españoles llegaron a América encontraron el cacao en México, importante centro de dispersión de la especie. Los aborígenes lo usaban desde tiempos remotos para hacer bebidas y como alimento mezclado con maíz. También era utilizado como moneda en las transacciones comerciales. Actualmente es cultivado en la mayoría de los países tropicales, en una zona comprendida entre los 20° de latitud norte y los 20° de latitud sur. Perteneció a la familia de las Esterculiáceas y su nombre botánico es *Theobroma cacao* (Enríquez, 1987).

2.1.4.4. Entorno climático

Factores externos, internos y complejas interacciones influyen sobre la fisiología del cacao, dificultando la estimación de la influencia del ambiente sobre su producción y calidad. Puesto que el cacao es originario de la selva tropical amazónica, las mejores condiciones para su cultivo deberían parecerse al entorno climático de las poblaciones silvestres. Sin embargo, son varias las experiencias que muestran que se puede obtener buenos rendimientos en huertas cultivadas en entornos ambientales muy diferentes al de las poblaciones nativas (Bartley 2005; Amores *et al*, 2009).

El crecimiento y el desarrollo del cacao está determinado por factores ambientales como: temperatura, luz, precipitación, humedad relativa y otros, que varían de acuerdo a la zona de cultivo. Esta variación hace que su comportamiento sea

diferente en cada sitio y en ocasiones el entorno climático altera dramáticamente la fenología del cultivo (Daymond, 2000). De los factores ambientales, la disponibilidad de energía y agua juegan un papel clave en la producción, a través de su influencia sobre los procesos físicos y bioquímicos necesarios para el desarrollo de las plantas (Ritchie, 1991).

Temperatura. La temperatura media anual óptima para el cacao se sitúa alrededor de 25°C y no debe ser inferior a 21° C. Los niveles de temperatura son adecuados para el cultivo en las proximidades de la línea ecuatorial y a baja altitud. Hay plantaciones comerciales con buenos rendimientos en ambientes con temperatura promedio de 23° C. La media mínima diaria debe ser superior a 15°C y la mínima absoluta nunca inferior a 10°C; el cacao no soporta temperaturas bajo cero, aunque sea por poco tiempo. Temperaturas muy altas afectan las funciones de la planta, entre ellas la floración y desarrollo foliar que se restringen con temperaturas superiores a 30°C (Hardy, 1961).

Luminosidad. Para su crecimiento normal, el cacao joven requiere de una sombra relativamente densa que permita el paso del 30 a 50% de la luminosidad total recibida en el sitio (Sánchez, 1994), ya que a temprana edad las plantas no producen suficiente autosombreamiento. Entre los beneficios del sombreamiento se cuentan la regulación térmica de las hojas, que de otro modo transpirarían agua en exceso para atenuar y disipar el excedente de energía recibida y transformada en calor. Varios días después del transplante de plántulas de cacao, es común observar las hojas superiores “quemadas” por exceso de insolación, particularmente en ausencia de especies que les provean sombra temporal o permanente (Amores *et al*, 2009).

Una vez desarrollado, el cacaotal se provee de autosombreamiento y en este escenario la intensidad lumínica media recibida por unidad de superficie foliar, disminuye sobre el conjunto del árbol. Por esta razón, a medida que crece la planta, es recomendable reducir progresivamente la sombra para permitir el paso del 70% de luminosidad, o más, si se trata de plantaciones sembradas con alta

densidad y dotadas de copas densas que se traslocan en diversa medida (Braudeau, 1970).

Humedad Relativa (HR). Sin suficiente agua en el suelo las plantas se benefician de una alta humedad relativa en la atmósfera, circunstancia que restringe la transpiración foliar excesiva (Braudeau, 1970). Los niveles de humedad relativa superiores al 70% favorecen el establecimiento del cacao después del transplante, y una media de 75 a 80% parece ser la humedad relativa más conveniente para el cultivo. Pero valores superiores al 85%, combinados con abundante precipitación y altas temperaturas, estimulan la presencia de enfermedades fungosas como la escoba de bruja y la moniliasis (Suárez, 2007), que destruyen la mitad de la producción de cacao en el Ecuador.

Precipitación. La cantidad de lluvia que satisface el cultivo oscila entre 1500 y 2500 mm en las zonas bajas más cálidas, y entre 1200 y 1500 mm en las zonas más frescas o los valles altos (Enríquez, 2004)

El ambiente edáfico. La planta de cacao se adapta a los más variados tipos de suelos, incluso llega a producir en suelos con baja fertilidad. En el último caso, aunque la producción es limitada, se lograrán rendimientos aceptables, solo si se practica el cultivo con sombreado suficiente para atenuar el efecto de los rigores climáticos (Braudeau, 1970), que debilitan e incluso causan la muerte de las plantas. Sin embargo, el cacao prefiere los suelos fértiles con alto contenido de materia orgánica. Además tienen que ser francos, profundos, bien drenados y con buena retención de agua disponible. Tales condiciones son típicas de las tierras ribereñas, o de “banco”, en la parte media y baja de la Cuenca de río Guayas (Amores, 1999).

Entre las características que se examinan al evaluar la calidad del suelo para cultivar cacao se cuentan: cantidad de hojarasca en la superficie, espesor de la capa de suelo húmico y la porosidad de la capa inmediatamente inferior. El cacao es muy susceptible al problema de alta concentración de sales en el suelo. La

textura del suelo es una propiedad de gran importancia para la agricultura. En el caso del cacao, la mejor textura corresponde a la llamada “tierra fina” compuesta por 30 a 40% de arcilla, alrededor del 50% de arena y 10 a 20% de limo (Wood, 1982; Thompson y Troeh, 1982). Los suelos más aptos para el cultivo del cacao son los aluviales de textura franco-arcillosa, franco-limosa y franco-arenosa (Amores, 2005).

2.1.4.5. Establecimiento

Sistema de plantación. Para la plantación en el campo debe hacerse ante todo el trazado en el terreno. Se puede usar el método de 3-4-5, en el cual se forma un triángulo con un ángulo recto cuyos lados de 3 y 4 metros forman un ángulo recto, lo que permite hacer una alineación a escuadra. Se puede usar también el método del triángulo isósceles, es decir, de tres lados iguales. Se debe partir de una línea o base principal, para luego proceder a estaquillar y hacer los huecos, que deben ser del ancho de una pala normal; generalmente el diámetro fluctúa entre 25 y 30 cm, con una profundidad de 30 cm.

Es muy recomendable que el hoyo se haga con alguna anticipación para que se meteorice un poco el suelo. En el fondo del hueco se debe poner entre 200 o 300 gramos de abono orgánico bien descompuesto o un bioabono de alta calidad. Si no se dispone de un abono orgánico se puede usar 100 gramos (3 onzas) de fertilizante 10-30-10, o su equivalente, en todos los casos, cubriéndolo con un poco de tierra para que la raíz no quede directamente en contacto con el abono o con el fertilizante. Se rompe y quita la bolsa de plástico y con cuidado se deposita la plantita en el hoyo, procurando no dañar la bola de tierra y las raíces. Después se termina de llenar el hueco con tierra y se presiona ligeramente alrededor de la planta, para que quede bien compactada con el resto del suelo (Enríquez, 1987).

Distancia de plantación. De acuerdo con muchos experimentos, se sabe que la distancia de 2 x 2 m es adecuada para sembrar cacao híbrido, con la condición de que se eliminen a partir del sexto año todos los árboles débiles, susceptibles a

enfermedades o insectos plagas o que no producen. Generalmente al agricultor no le gusta cortar sus árboles cuando los ve algo crecidos. Por tal razón, se recomienda sembrar a 2 x 3 y 3 x 3 m. De esta manera, se siembran de 1666 a 1111 plantas por hectárea. Pero en ninguno de estos casos se puede hacer la adecuada selección de las plantas superiores (Enríquez, 1987).

La ventaja de sembrar a espaciamiento corto es que se aprovechan los altos rendimientos tempranos de los híbridos, pues mientras el cacao común produce a los cinco o seis años, el cacao híbrido comienza a producir desde el segundo año de vida. La siembra en triángulo o tresbolillo permite un mejor acomodo de las plantas, pero dificulta un poco algunas labores culturales. En este caso lo recomendable es que el lado del triángulo tenga 3,5 m lo cual permite sembrar algo más de 1200 plantas por hectárea (Enríquez, 1987).

2.1.5. Agroforestería

La agroforestería se considera como la combinación multidisciplinaria de diversas técnicas ecológicamente viables, que implican el manejo de árboles o arbustos, cultivos alimenticios y/o animales en forma simultánea o secuencial, garantizando a largo plazo una productividad aceptable y aplicando prácticas de manejo compatibles con las habituales de la población local (Musálem, 2001). Se trata del uso de una serie de técnicas que combinan la agronomía, la silvicultura y la zootecnia para lograr un adecuado manejo del conjunto y las interdependencias entre cada uno de sus elementos (CONAFOR, 2007).

La Agroforestería es el conjunto de técnicas de manejo de tierras, que implican la combinación de los árboles forestales, ya sea con la ganadería, o con los cultivos (Combe y Budowski, 1979). Se fundamenta en principios y formas de cultivar la tierra basados en mecanismos variables y flexibles en concordancia con objetivos y planificaciones propuestas, permitiendo al agricultor diversificar la producción en sus fincas o terrenos, para incrementar los beneficios sociales, económicos y ambientales de agricultores de todos los niveles (Leakey, 1979).

La agroforestería representa un enfoque en el uso integral de la tierra, que involucra una mezcla o retención deliberada de árboles y otras leñosas perennes en el campo de la producción agropecuaria, que la misma se beneficie de las interacciones ecológica y económicas resultantes (Nair, 1985).

La Agroforestería también puede desempeñar una función importante en la conservación de la diversidad biológica dentro de los paisajes deforestados y fragmentados, suministrando hábitats y recursos para las especies de animales y plantas; manteniendo la conexión del paisaje (y, de tal modo, facilitando el movimiento de animales, semillas y polen); haciendo las condiciones de vida del paisaje menos duras para los habitantes del bosque; reduciendo la frecuencia e intensidad de los incendios; potencialmente disminuyendo los efectos colindantes sobre los fragmentos restantes; y aportando zonas de amortiguación a las zonas protegidas (Schroth et al., citado por Vargas y Sotomayor, 2004).

2.1.6. Sistemas Agroforestales

Los sistemas agroforestales (SAF) son una forma de uso de la tierra en donde leñosas perennes interactúan biológicamente en un área con cultivos y/o animales; el propósito fundamental es diversificar y optimizar la producción respetando en principio de la sostenibilidad (López, 2007). Son sistemas de producción o formas de uso y manejo de los recursos naturales en los que las especies leñosas (árboles, arbustos y palmas), son utilizadas en asociación deliberada con cultivos agrícolas o animales en el mismo terreno, de manera simultánea o en secuencia temporal (OTS-CATIE, 1986).

Nombre colectivo para los sistemas y tecnologías del uso de la tierra, donde los perennes leñosos (árboles, arbustos, palmas, etc.) son usados deliberadamente en las mismas unidades de manejo de la tierra, junto con cultivos agrícolas y/o animales, en alguna forma de arreglo espacial o secuencia temporal (Lundgreen y Raintree, 1982).

2.1.6.1. Clasificación de los sistemas agroforestales

Existen diferentes puntos de vista para clasificar a los sistemas agroforestales, su complejidad hace difícil la clasificación bajo un solo esquema. Los criterios de clasificación más comunes son: la estructura o función del sistema, las zonas agro-ecológicas donde el sistema existe o es adoptable y el escenario socioeconómico (escala de producción y nivel de manejo del sistema). Sin embargo, estos criterios no son independientes ni excluyentes (Jiménez y Muschler, 2001).

2.1.6.2. Clasificación estructural basada en la naturaleza de los componentes

La clasificación estructural basada en la naturaleza de los componentes es la más frecuente. Según esta opinión los sistemas agroforestales se clasifican en los siguientes grupos:

Sistema Agrisilviculturales. En muchos casos existe la tendencia a confundir el sistema agrisilvicultural con el sistema Taungya. El sistema de plantación de cultivos agrícolas simultáneamente con la plantación de árboles, continuando hasta que el dosel del bosque se cierre, se conoce como “sistema Taungya o agrosilvicultural” (Grainger, 1986). El estudio de los sistemas Agrosilviculturales es esencial para idear formas y modos para utilizar los espacios entre los árboles para obtener una máxima ventaja mediante la siembra de cultivos adecuados sin crear ningún efecto negativo sobre las especies forestales y las condiciones del suelo. Dentro de este grupo de sistemas agroforestales tenemos los siguientes sistemas:

- Agricultura Migratoria (corta y quema)
- Barbechos Mejorados (Rastrojos mejorados)
- Sistema Agroforestal con Cultivos Perennes
- Sistema Agroforestal con Cultivos Anuales

- Sistema Taungya
- Árboles en Línea
- Cultivos en Callejones
- Soportes vivos
- Árboles para conservar el suelo
- Huertos Caseros
- Agrobosques y Tierras Arboladas

Sistemas Silvopastoriles. Este sistema consiste en la combinación de árboles maderables o frutales con animales, sin la presencia de cultivos. Los sistemas que se incluyen en este grupo son los siguientes:

- Cercas Vivas (Setos)
- Pastoreo en Plantaciones Forestales o Frutales
- Árboles y Arbustos Dispersos en Potrero
- Bancos Forrajeros

Sistemas Agrosilvopastoriles. Este sistema consiste en la combinación de árboles maderables o frutales con animales y la presencia de cultivos. El sistema más importante dentro de este grupo constituye los setos y bosquetes de uso múltiple que combinan los componentes agrícolas, silvícolas y pecuarios para ramoneo, producción de forraje, madera o leña y la utilización de abono verde para cultivos, protección y recuperación de suelos (Jiménez y Muschler, 2001).

Sistemas Agroforestales Especiales. En este tipo de sistemas se incluye la apicultura con árboles y la integración de árboles y arbustos en la producción de peces (Nair, 1993). Aquí se encuentran los siguientes:

- Silvoentomología
- Silvoacuacultura

2.1.6.3. Clasificación basada en el arreglo temporal de los componentes

Según este criterio, los sistemas agroforestales se agrupan en dos grandes categorías:

Sistemas Agroforestales Sucesivos o Secuenciales. En estos sistemas los distintos componentes se van estableciendo en diferentes épocas a través del tiempo. Dentro de esta categoría se encuentran los siguientes sistemas:

- Agricultura migratoria
- Sistema de rastrojo o barbecho mejorado
- Cultivos intercalados
- Sistema Taungya

Sistemas Agroforestales Simultáneos. En estos sistemas todos los componentes se establecen al mismo tiempo. En esta categoría se tienen los siguientes sistemas:

- Cultivos perennes con árboles, de sombra, frutales, maderables y forrajeros
- Cultivos de ciclo corto con árboles de sombra, frutales, maderables y forrajeros.
- Combinación de cultivos agrícolas en general con árboles y arbustos.
- Pastoreo de animales con árboles de sombra, frutales, maderables y forrajeros.
- Combinación de árboles y arbustos con animales y cultivos agrícolas.
- Cercas vivas y las cortinas rompevientos.
- Setos vivos en contorno
- Cultivos en callejones
- Sistemas de huertos mixtos
- Agrobosques
- Tierras arboladas

Sistemas agroforestales con base a cacao. Aparte del cultivo de cacao a pleno sol, Rice y Greenberg (2000) describen tres formas de cacaotales asociados:

Manejo de cacao rústico: caracterizado por el cultivo de cacao bajo un joven bosque primario o viejos bosques secundarios.

Sistema con base a sombra planeada: Tradicional, comercial y sombra especializada. En la sombra tradicional se plantan árboles de todo tipo en conjunto con remanentes de especies forestales variando de la comercial donde especies frutales o maderables son asociadas al cacao. Finalmente la sombra especializada en la que uno o pocos géneros son dominantes

Plantaciones abandonadas de cacao: resultado de políticas inestables, enfermedades y/o precios bajos. Los cacaotales abandonados con el tiempo se convierten en bosques secundarios y son valorados más por su potencial de conservar biodiversidad que por su producción económica (Greenberg, 1999). Las plantaciones de cacao o cacaotales también cumplen importantes funciones económicas y ecológicas en muchas fincas y en el paisaje (Somarriba y Harvey 2003). Los sistemas agroforestales con base a cacao también tienen una alta capacidad ave faunística. Especies insectívoras, frugívoras, granívoras, nectarívoras y aún especies migratorias han sido identificadas dentro de ellos.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.1. Localización y Características Edafo-Climáticas del Sitio de Estudio

La presente investigación se realizó en la finca Experimental “La Represa”, ubicada en el km. 13 vía Quevedo – San Carlos recinto. Fayta, propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, la misma que cuenta con 86,18 ha, la superficie del ensayo es de 9963 m² (Anexo 1). Esta área se encuentra entre las coordenadas UTM: N 9882500 y E 676500 y presenta las siguientes características edafoclimáticas:

Altitud	90 msnm
Precipitación media anual	1223 mm
Temperatura media anual	24,5 °C
Humedad relativa media anual	86 %
Heliofanía media anual	789 horas luz
Zona ecológica	bosque húmedo Tropical
Topografía	Plana
pH	6,5-7,0
Tipo de suelo	Franco arcilloso

FUENTE: Datos registrados en la Estación Meteorológica del INAMHI, en la Estación Experimental Tropical Pichilingue (EETP) del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuaria (INIAP, 2010).

3.1.2. Materiales

3.1.2.1. Materiales de Campo

- Hipsómetro
- Cinta métricas
- Cinta diamétricas
- Machete
- Tableros de soporte
- Receptor GPS

3.1.2.2. Materiales de Oficina

- Hoja A4
- Ordenador – Impresora
- Cámara fotográfica
- Lápiz
- Libro de Campo

3.1.3. Metodología

El estudio se realizó en un área experimental de sistema agroforestal de teca y fernansánchez asociado con cacao, establecida hace cinco años. La teca y el fernansánchez se encuentran plantados a una distancia de 9 x 9 m y el cacao a 3 x 3 m. La metodología que se empleó en la presente investigación se basó en los métodos siguientes: inductivo, analítico y sintético, a través de la tabulación, análisis e interpretación de los resultados obtenidos en base a los datos registrados en las parcelas de muestreo de las dos especies estudiadas.

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación es de tipo experimental, en la que se comparó el Incremento Medio Anual (IMA) de dos especies forestales establecidas en sistema agroforestal con cacao. También se aplicó el proceso de análisis, síntesis y la inducción, mediante la inferencia estadística.

3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.3.1. Diseño Experimental

Se aplicó un diseño de bloques al azar, con tres repeticiones (Cuadro 1). Para las comparaciones de medias de los tratamientos se utilizó la prueba de “t” de Student al 5% de probabilidad de error. Se utilizó el programa estadístico SAS Versión 9 (2004).

Cuadro 1. Esquema de análisis de varianza factorial (ANDEVA).

Fuentes de Variación	GL	
Repetición	$r - 1$	2
Tratamiento	$t - 1$	1
Error	$(r - 1)(t - 1)$	2
Total	$(rt) - 1$	5

3.3.2. Establecimiento de las unidades de muestreo (UM)

Se establecieron un total de 24 unidades de muestreo de 18 x 18 m (324 m²), 12 unidades de muestreo para cada especie. Cada bloque estuvo conformado por cuatro unidades de muestreo. En cada parcela se registró los datos de DAP y altura total del árbol ubicado en el centro, en las dos especies forestales. También se registró la altura del cacao en los 14 árboles ubicados en el centro de cada unidad de muestreo.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Incremento en Diámetro y Altura de Especies Forestales

El DAP y la altura total de los árboles, a los cinco años de edad, presentaron diferencias significativas entre las especies forestales ($P>0,05$). El mayor promedio en DAP y altura total fue para *T. grandis*. Por consiguiente, el IMA promedio en DAP y altura total fue mayor para *T. grandis* (Cuadro 2).

Cuadro 2. Incremento Medio Anual (IMA) del DAP y altura total de las especies forestales asociadas con cacao, a los cinco años de edad. UTEQ, 2013.

Especies	DAP (cm)	IMA DAP	Altura (m)	IMA Altura
Teca	18,27 a	3,65	13,75 a	2,75
Fernansánchez	13,61 b	2,72	10,54 b	1,72
Error estándar	1,84		0,99	

4.1.2. Incremento en Área Basal y Volumen de especies forestales

El área basal y el volumen promedio de los árboles, a los cinco años de edad, presentaron diferencias significativas entre especies forestales ($P>0,05$). El mayor Promedio en área basal y volumen fue para *T. grandis*. Así mismo el mayor IMA promedio en área basal y volumen fue para *T. grandis* (Cuadro 3).

Cuadro 3. Incremento Medio Anual (IMA) del área basal y volumen de las especies forestales asociadas con cacao, a los cinco años de edad. UTEQ, 2013.

Especies	Área basal (m ²)	IMA Área basal	Volumen (m ³)	IMA volumen
Teca	0,0289 a	0,0058	0,2649 a	0,0530
Fernansánchez	0,0156 b	0,0031	0,0972 b	0,0194
Error estándar	1,0037		0,0324	

4.1.3. Altura del Cacao Asociado con Especies Forestales

La altura del cacao, a los cinco años de edad, no presentó diferencias significativas entre las asociaciones ($P < 0,05$) (Cuadro 4).

Cuadro 4. Altura del cacao asociado con especies forestales, a los cinco años de edad. UTEQ, 2013.

Asociación	Altura (m)
Teca+cacao	2,58 a
Fernansánchez+cacao	2,67 a
Promedio general	2,62
Error estándar	1,37

4.1.4. Correlación entre la edad de las especies con el DAP y la altura total

Al relacionar el promedio del DAP con la edad, las dos especies forestales prestaron una fuerte correlación de tendencia positiva, con $r = 0,98$ para la teca y $r = 0,95$ para fernansánchez (Figura 1).

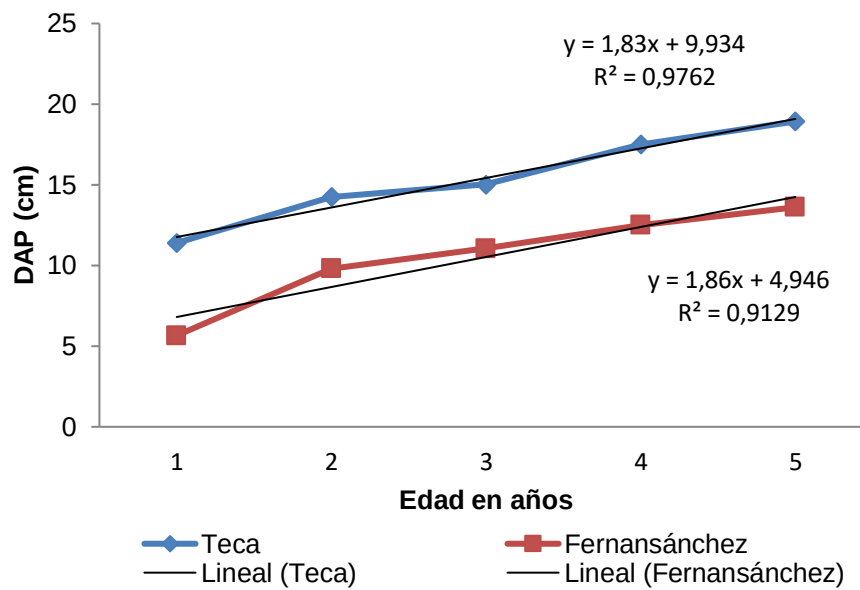


Figura 1. Correlación entre la edad y DAP de teca y fernansánchez. UTEQ, 2013.

Al relacionar el promedio de la altura total con la edad, las dos especies forestales prestaron una fuerte correlación de tendencia positiva, con $r = 0,97$ para la teca y $r = 0,99$ para fernansánchez (Figura 2).

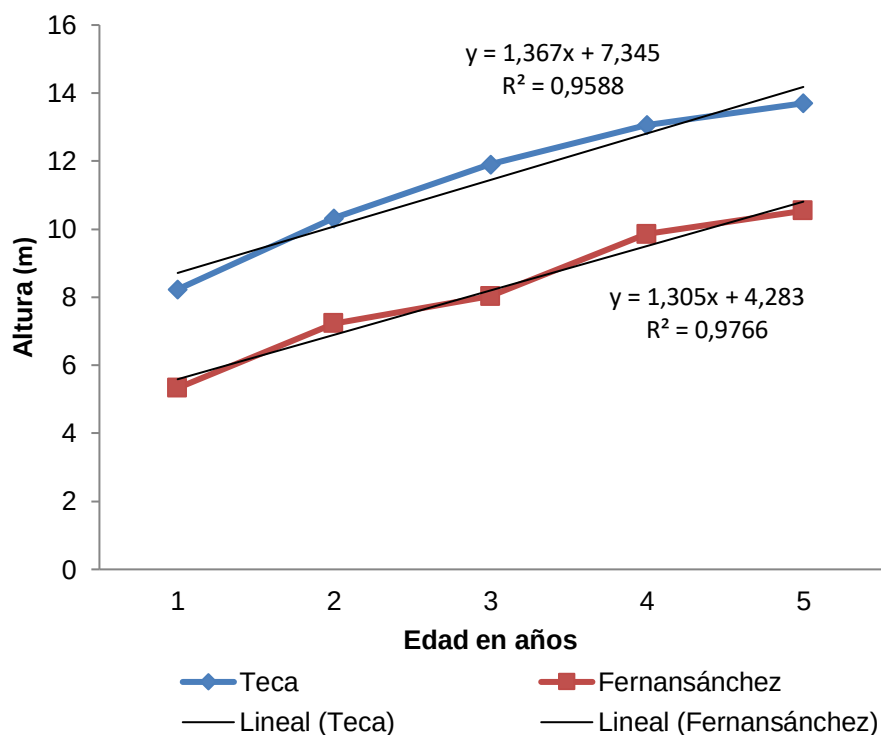


Figura 2. Correlación entre la edad y altura de teca y fernansánchez. UTEQ, 2013.

4.2. DISCUSIÓN

El promedio de diámetro de la teca obtenido en este estudio (18,27 cm) fue inferior al promedio del DAP reportado por UICYT (2002), que obtuvo un DAP de 26,5 cm a los cinco años de edad, en un ensayo de cuatro especies forestales con café. El promedio de diámetro del fernansánchez registrado en este estudio (13,61 cm) también fue inferior al reportado por (UICYT, 2002), que alcanzó un DAP de 21,0 cm a los cinco años de edad.

El promedio de altura de la teca registrado en este estudio (13,75 cm) fue inferior al reportado por UICYT (2002), que alcanzó una altura de 16,23 m a los cinco años de edad. El promedio de altura del fernansánchez obtenido en este estudio (10,54 m) también fue inferior al reportado por UICYT (2002), que obtuvo una altura de 15,72 m a los cinco años de edad.

El promedio del área basal de la teca obtenido en este estudio (0,0289 m²) fue inferior al promedio del área basal reportado por UICYT (2002), que obtuvo un área basal de 0,0558 m² a los cinco años de edad. El promedio del área basal del fernansánchez registrado en este estudio (0,0156 m²) también fue inferior al reportado por (UICYT, 2002), que alcanzó un área basal de 0,0348 m², a los cinco años de edad.

El promedio del volumen de la teca registrado en este estudio (0,2649 m³) fue inferior a los reportados por UICYT (2002), que alcanzó un volumen de 0,636 m³ a los cinco años de edad. El promedio del volumen del fernansánchez obtenida en este estudio (0,0972 m³) también fue inferior a los reportados por UICYT (2002), que obtuvo un volumen de 0,382 m³ a los cinco años de edad.

En general, el IMA de DAP, altura, área basal y volumen de la teca y fernansánchez, obtenidos en este estudio fueron inferiores a los reportados por la UICYT (2002), para las especies mencionada a la edad de cinco años.

La altura promedio del cacao obtenido en este estudio (2,62 m) fue inferior a los reportados por UICYT (1999), que registró una altura de 3,55 m a los cinco años de edad, en un ensayo de cacao CCN-51 asociado con cuatro especies forestales.

La alta intensidad de asociación obtenida en la correlación del DAP y altura con la edad de la teca y fernansánchez, sugiere que estas dos especies tienen un ritmo de crecimiento rápido durante los primeros años.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

A los cinco años de edad, la teca obtuvo los mayores promedios en diámetro y altura; Además, los mayores promedios en IMA del diámetro y la altura se registraron en la teca.

A los cinco años de edad, la teca obtuvo los mayores promedios en área basal y volumen; También, los mayores promedios en IMA de área basal y Volumen se obtuvieron en la teca.

De acuerdo a los resultados obtenidos se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa: “Existe diferencia en el crecimiento de la teca y fernansánchez asociados con cacao”.

La altura promedio del cacao obtenido en los dos sistemas de asociación fue similar, es decir que las especies forestales no influyeron en la altura del cacao.

La asociación del DAP y la altura con la edad, en las dos especies, presentó una fuerte correlación, lo cual sugiere que hay un alto grado de interdependencias entre las variables relacionadas.

5.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar con el registro de datos a fin de obtener datos concretos, para la zona de Quevedo, a la edad de corta de la teca y fernansánchez y poder sugerir el establecimiento de estos sistemas a los productores.

Debido a la importancia que tienen los sistemas agroforestales, especialmente las asociaciones con cacao, se recomienda estudiar el comportamiento de otras especies forestales y el cacao.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

6.1. LITERATURA CITADA

- Acosta S, M. 1960. Maderas económicas del Ecuador y sus usos. Quito, Casa de la Cultura Ecuatoriana. 147 p.
- Ali, S; Tahir, M. 2002. Growth Response of Teak (*Tectona grandis* L.f.) Seedlings to Nitrogen, Phosphorus and Potassium Fertilizers. *Pertanika J. Trop. Agric. Sci.* 25(2): 107 – 113.
- Almeida, CMVC de; Willy, M; Sena-Gomes, A; Matos, PGG de P. 2002. Sistemas agroflorestais como cacaueiro como alternativa sustentável para uso em áreas desmatadas, no estado de Rondônia, Brasil. *Agrotrópica*. 14 (3): 109-120.
- Amores, F. 1999. La dificultad para establecer el rumbo tecnológico que han limitado el impacto económico de la investigación de cacao durante los últimos 50 años. Tesis Ms. Sc. Universidad Internacional SEK. Quito, Ecuador. 188 p.
- Amores, F.; Palacios, A.; Jiménez J.; Zhang D. 2009. Entorno Ambiental, genética, atributos de calidad y singularización del cacao en el nororiente de la provincia de Esmeraldas. INIAP, Boletín Técnico N° 135, Quevedo, Ecuador. p. 6 – 7.
- Bartley B, G. 2005. The genetic Diversity of cocoa and its utilization. CABI publishing. US. 44 p.
- Beer, J.; Ibrahim, M.; Somarriba, E.; Barrance, A.; Leakey, R. 2004. Establecimiento y manejo de árboles en sistemas agroforestales. Cap. 6. Árboles de Centroamérica. OFICATIE. p.46.

- Betancourt, A.1987. Silvicultura especial de árboles maderables tropicales. Editor. Juan Valdez. Editorial Científico-Técnica. La Habana, Cuba. 438 p.
- Briscoe, C.1995. Silvicultura y Manejo de teca, melina y pochote. CATIE. Turrialba, Costa Rica Serie técnica. Informe técnico No. 270. 50 p.
- Budowski, G. 1993. Agroforestería: Una disciplina basada en el conocimiento tradicional. Revista Forestal Centroamericana. 2 (3): 14-18.
- Braudeau J. 1970. "El cacao", BLUME. Barcelona, España. 283 p.
- Chable, A. 1967. Reforestation in the Republic of Honduras, Central America. Ceiba. 13(2): 1-56.
- Chaves, E; Fonseca, W. 2004. Ensayos de aclareo y crecimiento en plantaciones de teca (*Tectonagrandis*L.f.) en la Península de Nicoya, Costa Rica. Instituto de Investigación y Servicios Forestales (INISEFOR) Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. 174 p.
- Combe, J; Budowski, G. 1979. Clasificación de las técnicas agroforestales. Una Revisión de Literatura. Taller de Sistemas Agroforestales en América Latina. CATIE-UNU, Turrialba, CR. p.17 – 48.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2007. Protección, restauración y conservación de suelos forestales. Manual de obras y prácticas. 3 ed. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).ZAPOPAN. Jalisco, México. 298 p.
- CONIF-CORMADERA. 2000. Guía para plantaciones forestales comerciales. *Tectona grandis* en Ecuador. Bogotá-Colombia. p. 3-25.

- CORMADERA; OIMT. 2001. Guías técnicas para el establecimiento y manejo de plantaciones forestales productivas en el Litoral ecuatoriano. Ministerio del Ambiente. Quito, Ecuador. 190 p.
- Daymond, A. 2000. "An investigation into physiological parameters underlying yield variation between different varieties of cocoa", University of Reading, United Kingdom, p.200.
- Duguma, B; Gockowski, J; Bakala, J. 1999. Desafíos biofísicos y oportunidades para el cultivo sostenible de cacao (*Theobroma cacao* Linn.) en sistemas agroforestales de África Occidental y Central. *Agroforestería en Américas* 6 (22): 12-15.
- Ecuador Forestal. 2007. Ficha Técnica N° 07 FERNÁN SÁNCHEZ (en línea). Consultado el 22 de agosto de 2010. Disponible en: <http://ecuadorforestal.org/wpcontent/uploads/2010/08/FERNANSANCHEZ.pdf>.
- Enríquez, G. 1987. Tecnología del cacao (en línea). Ecuador. Consultado el 26 de agosto de 2010. Disponible en: <http://www.infoagro.go.cr/Agricola/tecnologia/cacao.htm>.
- Enríquez, G. 2004. Cacao orgánico, guía para productores ecuatorianos. INIAP. Quito, Ecuador. Manual N° 54. p. 38 - 41.
- Gajasenil, J; JORDAN, F. 1990. Decline of teak yield in northern Thailand: effects of selective logging on forest structure. *Biotrópica*. 22(2): 114-118.
- Grainger, A. 1986. The future role of the tropical rainforest in the world Forest economy. Ph.D. Dissertation. Oxford University. Oxford, USA. 234 p.

- Hardy, F. 1961. Manual de cacao. Instituto Americano de Ciencias Agrícolas. Turrialba, CR. p. 251-262.
- Jensen, W; Salisbury, F. 1988. Botánica. Mc Graw Hill. D.F., México. p. 307-340.
- Jiménez, F; Muschler, R; Köpsell, E. eds. 2001. Funciones y aplicaciones de sistemas agroforestales. Turrialba CR, CATIE. 187 p. (Serie materiales de enseñanza no. 46).
- Leakey, R. 1997. "Reconsiderando La definición de Agroforestería". Agroforestería en las Américas. p. 22-24.
- Leakey, R. 1998. Agroforestry in the humid lowlands of West Africa: some reflections on future directions for research. Agroforestry Systems 40: 253 - 262.
- López T. 2007. Sistemas agroforestales. Editorial López. Colegio de Post-graduados. Puebla, México. 8 p.
- Lundgren, B.; Raintree J.1982. Sustained Agroforestry. In Agricultural Research for Development: potentials and challenges in Asia. Ed. By B. Nestel. The Hague, the Netherlands. ISNAR. 37 p.
- Martínez, A; Enríquez, G. 1981. La sombra para el cacao. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie Técnica, Boletín Técnico No. 5. 93 p.
- Musálem S. 2001. Sistemas agrosilvopastoriles. Universidad Autónoma de Chapingo. Veracruz, MX. División de Ciencias Forestales. p.120.
- Muschler, R. G. 1999. Árboles en cafetales. Turrialba, CR.CATIE. Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. Módulo No. 5. 189 p.

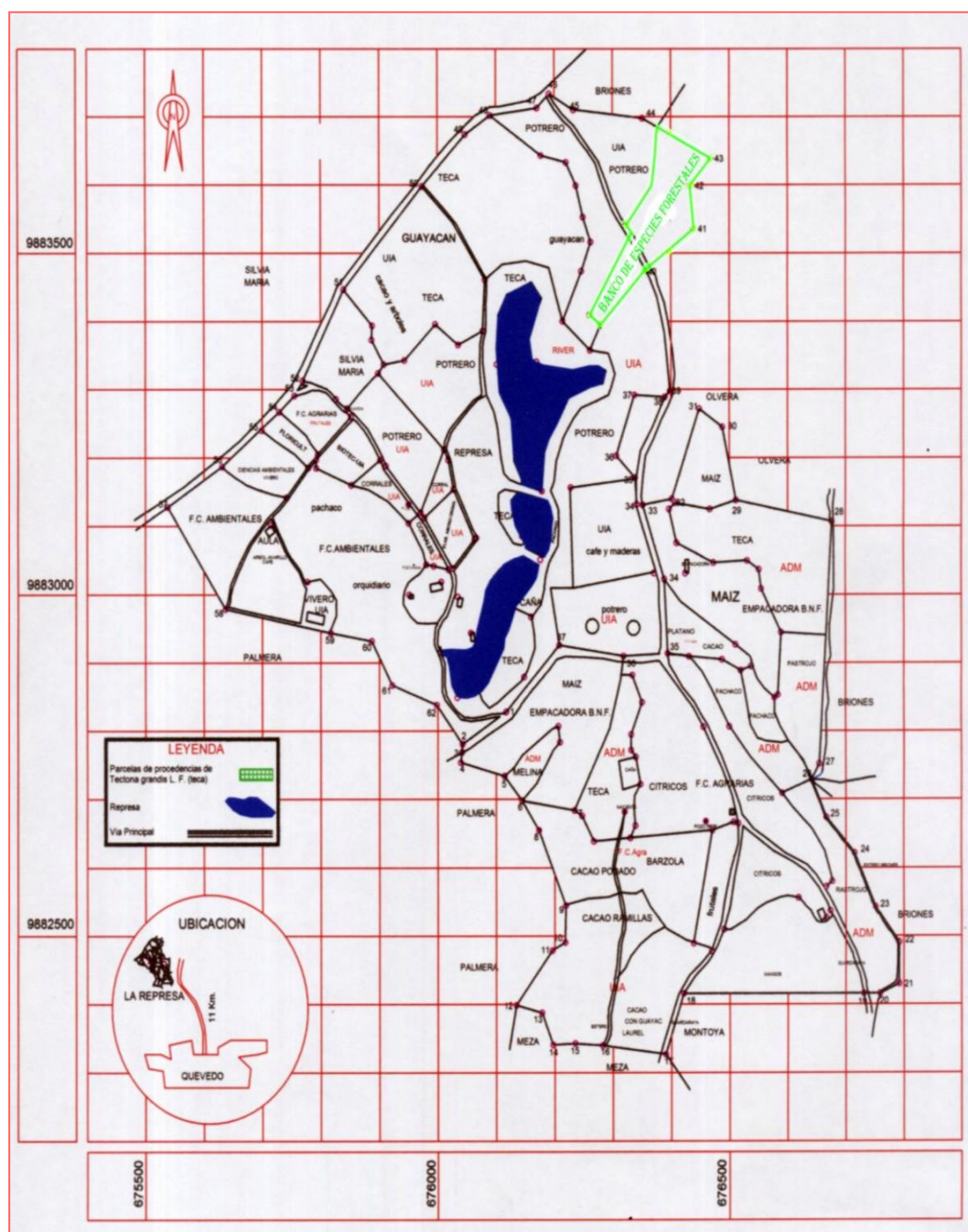
- Nevarez, J. 1982. Guía para el establecimiento de parcelas permanentes de producción y raleo en plantaciones forestales, centro de capacitación e investigación forestal. Conocoto, Ecuador 19 p.
- OTS-CATIE. 1986. Sistemas agroforestales: principios y aplicaciones en los trópicos, San José, Costa Rica. 735 p.
- Rice, RA; Greenberg, R. 2000. Cacao Cultivation and the conservation of biological diversity. *Ambio* 29 (3): 167 – 173.
- Torres, J.1995. Determinación de Áreas de Aptitud Forestal para el Establecimiento de Plantaciones en el Litoral Ecuatoriano. INEFAN / ITTO. Quito, Ecuador. 194 p.
- Sánchez J, 1994. Establecimiento y manejo de cacao con sombra. CATIE. Turrialba, Costa Rica. p. 66-75.
- Somarriba, E; Harvey, C 2003. ¿Cómo integrar producción sostenible y conservación de biodiversidad en cacaotales orgánicos indígenas? *Agroforestería en las Américas*. 10:12- 17.
- Species Plantarum, 1998. *Theobroma cacao* L. (en línea). Consultado 28 SEP 2010. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info/especies/arboles/doctos/68-sterc03m.pdf>
- SAS (Statistical Analysis System). 2004. User's Guide: Statics (CD ROM Computer file) Version 9. SAS Inst. Inc. Cary. NC. USA.
- Suárez, C. 2007. La rehabilitación del cacao, un componente básico del manejo integrado del cultivo". INIAP. Quevedo, Ecuador. Boletín Divulgativo. 14 p.

- Suatunce, P; Díaz, G; García L. 2010. Efecto de la densidad de plantación en el crecimiento de cuatro especies forestales tropicales. *Ciencia y Tecnología* 3 (1): 23-26.
- Thompson, L.; Troeh, F. 1982. Los suelos y su fertilidad. 4 ed. REVERTE. Barcelona, España. 649 p.
- UICYT. 1999. Longitud de tallo y raíz en la brotación de pseudoestacas de *Tectona grandis* L (teca). Informe Técnico anual. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo, Ecuador. 38 p.
- UICYT. 2002. Análisis de sistemas agroforestales con *Coffea arabica* en la zona del cantón Quevedo. Informe Técnico anual. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo, Ecuador. 28 p.
- Wood, G. 1982. Cacao. Editorial CONTINENTAL. D.F. México. p. 258-260.

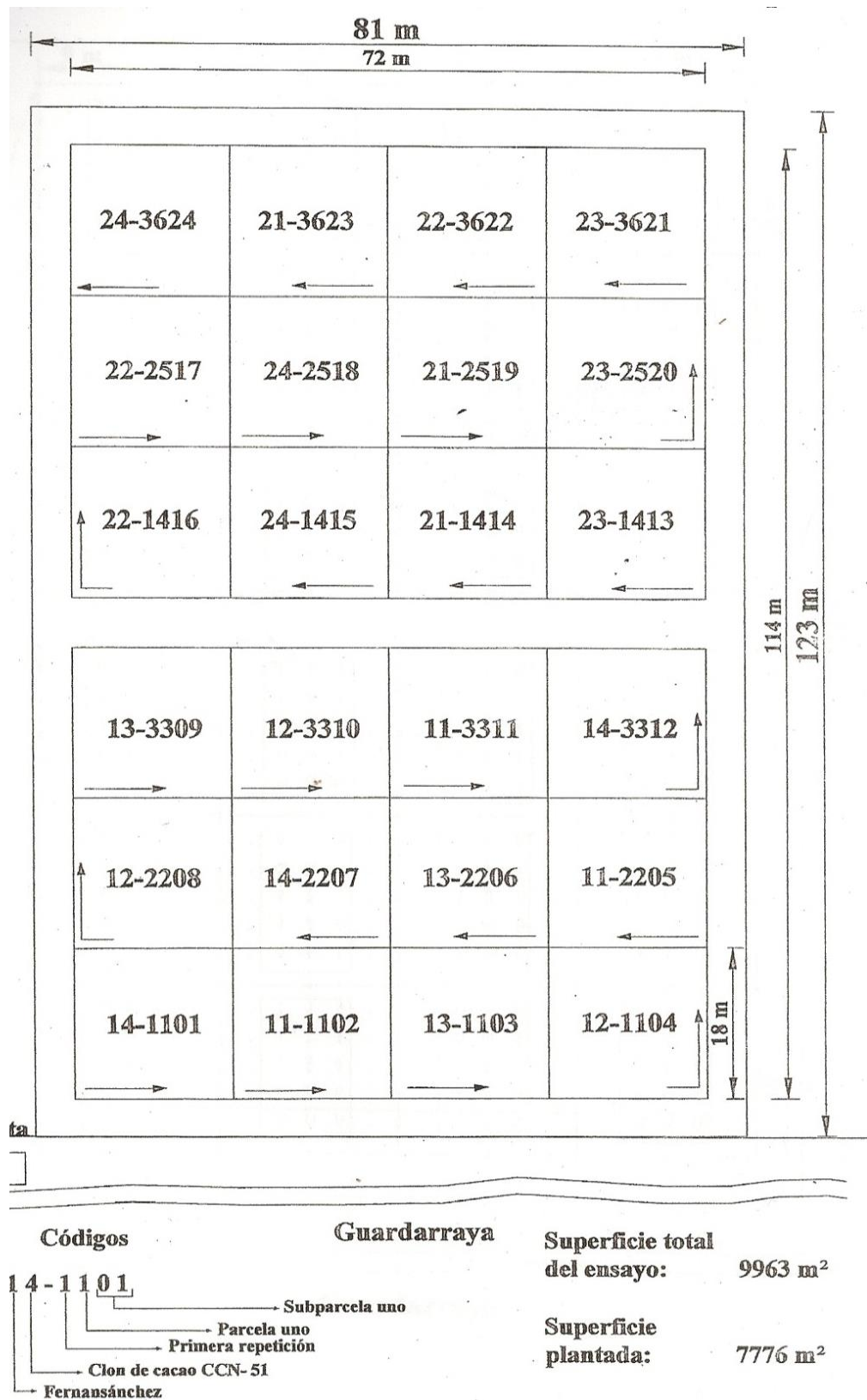
CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo 1. Mapa de Ubicación de la Finca Experimental La Represa de la UTEQ.



Anexo 2. Distribución de las parcelas experimentales.



Anexo 3. Medición de los árboles



Parcela de fernansánchez con cacao



Parcela de teca con cacao



Medición del diámetro



Medición de la altura