

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN
ESTIMACIÓN DE BIOMASA Y CONTENIDO DE CARBONO EN PLANTACIONES
DE *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh Y ACTIVIDADES DE CONSERVACIÓN DE
LOS RECURSOS NATURALES, EN LA EMPRESA PANTALEÓN S.A. SIQUINALÁ,
ESCUINTLA.

PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

POR

MARISSA EUGENIA MONTEPEQUE SIERRA.

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERA AGRÓNOMA

EN

RECURSOS NATURALES RENOVABLES

EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADA

GUATEMALA, OCTUBRE 2007.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

RECTOR MAGNÍFICO

Lic. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS.

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Msc. Francisco Javier Vásquez Vásquez.
VOCAL I	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes.
VOCAL II	Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria.
VOCAL III	Ing. Agr. Danilo Ernesto Dardón Ávila.
VOCAL IV	Pr. For. Mirna Regina Valiente.
VOCAL V	Br. Nery Boanerges Guzmán Aquino.
SECRETARIO	Ing. Msc. Edwin Enrique Cano Morales.

GUATEMALA, OCTUBRE 2007.

Guatemala, octubre de 2007.

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de Graduación titulado “Estimación de biomasa y contenido de carbono en plantaciones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh y actividades de conservación de los recursos naturales, en la empresa Pantaleón S.A. Siquinalá, Escuintla”, como requisito a optar el título de Ingeniera Agrónoma en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciada.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“ ID Y ENSEÑAD A TODOS ”

Marissa Eugenia Montepeque Sierra

ACTO QUE DEDICO A

DIOSITO

Tú eres santo, Señor Dios único y divino que jamás me abandona, me ama y le sigo, por tu divina misericordia y por que sin Tí no soy nadie. Un agradecimiento infinito por todo lo que me das y por quien soy.

SANTÍSIMA VIRGEN

Por recibir mis oraciones, por que siempre intercedes por mí y bendices siempre mi vida, en gratitud por tu amor eterno.

JESÚSITO

En Tí confío, por llevarme en tus brazos divinos y siempre acompañarme en cada paso de mi vida.

MI PADRE

Romeo Montepeque Roldán, Padre bondadoso, sincero, lleno de sabiduría, paciencia y sentimientos nobles que te cubren. Con tu ejemplo, me enseñaste a luchar y a mis sueños nunca renunciar. Gracias por tus valiosos consejos, apoyo incondicional, comprensión, cuidar siempre de mí y tu inmenso amor. Por todos tus desvelos, sacrificios y brindarme tantas oportunidades, sobre todo por creer en mí. Tú eres mi orgullo y ejemplo a seguir.

MI MADRE

Telma Eugenia Sierra de Montepeque, Madre preciosa y admirable, por tu ejemplo de sencillez, fortaleza y lucha, mil gracias por tu amor, apoyo, comprensión, paciencia, atenciones y velar por mí en todo momento. Por estar siempre junto a mí, tus palabras de aliento y por que siempre creíste en mí.

Papi y Mami, todo lo que soy se los debo a ustedes, este triunfo también es suyo, Muchísimas Gracias por todo, no tengo palabras para manifestarles lo infinitamente agradecida que estoy por todo lo que hacen por mí, Los Amo, ustedes son el motor de mi vida, de nuevo agradezco a Dios por ponerlos en mi vida.

MIS HERMANOS

Pablo Alfredo, Romeo Antonio,
Hermanos lindos, que siempre están en mi mente y corazón, luchen para que sus sueños se hagan realidad, Dios no permitiría que deseen algo si no fueran capaces de lograrlo, así que mantengan siempre una visión de éxito en sus vidas y recuerden que con fé, esfuerzos y dedicación, todo es posible. Los Quiero Mucho.

Pablo Inés Montepeque.

Gracias por compartir tus sueños y momentos inolvidables y motivarme siempre y la confianza al relato de tu vida que tanto me gusta.

Maria Roldán de Montepeque. (MAMA MERY) (Q.E.P.D)

Por que aunque no estas aquí entre los vivos, sé que desde el cielo a mi lado siempre estas, gracias por ser una abuelita, digna, amorosa y desearme siempre lo mejor, Diosito te guarde por siempre.

MIS ABUELITOS

Alfredo Sierra. (PAPITO)

Fuente inagotable de experiencia, ejemplo digno de sencillez, humildad, lucha, perseverancia, gracias por tus sabios consejos y amor desinteresado, enseñarme el valor de la vida, eres lo más valioso para mí. Dios te guarde y bendiga eternamente.

Thelma Villegas de Sierra. (MAMITA)

Que Diosito te bendiga y siempre te ilumine. Por que los momentos tan hermosos, estarán siempre en mi corazón. Te quiero mucho.

MIS TIOS Y TIAS

Con mucho cariño y respeto,

Especialmente a ti querida y adorada **Tía Yolí**, por ser un ángel en mi vida, apoyándome y estar junto a mí siempre, para ti con todo mi amor y admiración. **Tío Fredy** por el inmenso amor que te tengo y estar pendiente de mí, **Tío Antulio** por tu apoyo, motivación y **Tía Negrita** por tu cariño tan especial.

MIS PRIMOS Y PRIMAS

Con un cariño muy especial, deseándoles lo mejor.

A ti **Evelyn** y **Baby** por su dulzura y confianza, de corazón agradezco por apoyarme y compartir momentos tan lindos, gracias por su cariño incondicional, las quiero muchísimo.

MI NOVIO

Gustavo Díaz, Gracias por existir, y por todos esos momentos tan encantadores que a menudo me regalas, por estar siempre junto a mí y hacerme parte de tu vida. Tú ayuda desinteresada, apoyo incondicional y comprensión en todo momento, son evidencia de tu amor, tú presencia me llena. Te Amo.

Amigas, gracias por todos los momentos que hemos compartido, sueños, anhelos, secretos, risas, lágrimas y sobre todo, por contar con una amistad maravillosa, que simplemente no se puede dividir. Las quiero mucho.

África Flores, muchas gracias por los momentos compartidos, cariño, apoyo deseándote lo mejor siempre.

Carolina Morales, tú sencillez, bondad, sinceridad y muchas otras virtudes y cualidades más, hacen de ti alguien muy especial, gracias por otorgarme tu amistad tan valiosa, escucharme, apoyarme, compartir secretos, risas y confiar en mí en todo momento.

Gabriela Ortiz, amiga, eres un orgullo de mujer, siempre con su calor maternal, digno de admiración, por tu cariño incondicional, apoyo y dulzura, eres muy importante para mí.

MIS AMIGAS

Glenda Morales, mujer talentosa, con energía, divertida, por demostrarme en todo momento tu amistad, por tu confianza, apoyo y cariño incondicional.

Marlene Zeissig, mujer de pocas palabras, pero gracias por abrir tu corazón, por confiar en mí, sabes que puedes contar conmigo y por una valiosa amistad.

Rita Estada, la nobleza hecha mujer, gracias por todo lo que has permitido aprender de ti, por la amistad honesta, fuerte, que hemos construido, con risas, lagrimas y momentos tan especiales vividos. Tienes un gran corazón, tu amistad es uno de los tesoros más hermosos tú lo sabes, te quiero a la n (Madrina).

Sasha Palencia, gracias por tan bonita amistad, tender siempre tus brazos y brindarme apoyo, cariño y confianza desde hace muchos años.

MIS AMIGOS

Ing. Msc. Mario López, Ing. Estuardo Vásquez, Rafael Carrera, Ángel Valle, Ing. Juan Carlos Fuentes.

MIS AMIGOS DE PROMOCIÓN

A todos ustedes, Promoción 2001, que juntos recorrimos este camino, Muchas Gracias por su amistad, cariño y por compartir un pedacito de su vida conmigo.

MIS AMIGOS UNIVERSITARIOS

Gracias por que sin duda alguna compartimos momentos muy agradables e inolvidables.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A

DIOS,

SANTÍSIMA VIRGEN,

A MIS PADRES,

MI BELLA GUATEMALA,

LA GLORIOSA Y TRICENTENARIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE
GUATEMALA.

LA CINCUENTENARIA FACULTAD DE AGRONOMÍA, FAUSAC

PANTALEÓN S.A.

MIS TODOS MIS AMIGOS, COMPAÑEROS, GRACIAS

TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE DE ALGUNA U OTRA MANERA
CONTRIBUYERON CON EL DESARROLLO DE MI FORMACIÓN PROFESIONAL.

AGRADECIMIENTOS

DIOS.

Por enseñarme el camino correcto de la vida, guiándome y fortaleciéndome cada día.

Querida gran Familia.

Por su apoyo y cariño brindado en todo momento.

PANTALEÓN S.A.

Por brindarme el apoyo técnico, económico y permitir culminar mi formación profesional.

Ing. Msc. Sergio Velásquez.

Por su asesoría, incentivándome en todo momento, e intervenir en el desarrollo de las prácticas, depositado su confianza en mí, apoyándome siempre, pero sobre todo por su apreciable amistad.

Al Departamento de Investigación y Departamento Forestal, de Pantaleón,

Por su apoyo, en especial a *Agr. Jarhii Ordóñez, Agr. Ligia Acán, Marisol Sandoval*, por su linda amistad los momentos gratos que compartimos. Así como el personal de campo, por su colaboración y buena voluntad en la fase de campo.

INGENIO LA UNIÓN S.A.

Por su colaboración, en la realización de la presente investigación.

Centro de Estudios Ambientales (CEA), de la Universidad del Valle de Guatemala (UVG)

Dr. Edwin Castellanos, gracias al apoyo, orientación y colaboración permitiendo utilizar del equipo necesario para la realización de la fase de laboratorio de la investigación. En especial, a *Ing. For. Alma Quilo*, por su colaboración, atención, apoyo y valiosa amistad siempre. Dios te bendiga.

**Ing. Msc. Edwin Enrique
Cano Morales.**

Por su apoyo y disposición incondicional para a realización de la presente investigación y su generosidad al brindarme la oportunidad de recurrir a su capacidad y experiencia en el tema, gracias.

**Ing. Msc. Guillermo
Méndez Beteta.**

Gracias por su paciencia, dedicación, tiempo, ayuda constante, en la supervisión del EPS, lo cual que hizo posible la realización de este trabajo, además del estímulo para seguir adelante.

Ing. Agr. Ezequiel López.

Por su ayuda, orientación en el análisis estadístico de la investigación.

A todas y cada una de las personas, que de alguna u otra forma contribuyeron con mi formación profesional, MUCHAS GRACIAS!

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
ÍNDICE GENERAL	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
RESUMEN.....	x
CAPÍTULO I. DIAGNÓSTICO DE LAS PLANTACIONES FORESTALES DE LA EMPRESA PANTALEÓN S.A. EN EL MUNICIPIO DE SIQUINALÁ, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA.	1
1.1 PRESENTACIÓN.....	2
1.2 MARCO REFERENCIAL	3
1.2.1 DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA.....	3
1.2.2 MUNICIPIO DE SIQUINALA, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA.....	8
1.3. OBJETIVOS	13
1.3.1 GENERAL.....	13
1.3.2 ESPECÍFICOS	13
1.4 METODOLOGÍA	14
1.4.1 PRIMERA FASE: GABINETE.....	14
1.4.2 SEGUNDA FASE: CAMPO	14
1.4.3 TERCERA FASE: GABINETE FINAL.....	14
1.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	15
1.5.1 FICHA TÉCNICA.....	15
1.5.1.2 ORGANIZACIÓN DE LA SEDE ADMINISTRATIVA DE LA EMPRESA	
PANTALEÓN S.A.....	16
1.5.2 FINCA EMINENCIA	17
1.5.2.1 <i>Localización Geográfica</i>	17
1.5.2.2 <i>Aspectos Biofísicos</i>	18
1.5.3 FINCA CRISTALINAS	20
1.5.3.1 <i>Localización Geográfica</i>	20
1.5.3.2 <i>Aspectos Biofísicos</i>	21
1.5.4 DESCRIPCIÓN DE LAS PLANTACIONES FORESTALES	23
1.5.5 PROBLEMÁTICA Y ALTERNATIVAS	25

1.5.6	PRIORIZACIÓN DE PROBLEMAS.....	26
1.5.7	ANÁLISIS CAUSA Y EFECTO DE LA PROBLEMÁTICA	27
1.5.8	DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.....	30
1.5.9	SOLUCIONES POTENCIALES DE LA PROBLEMÁTICA	32
1.6.	CONCLUSIONES	34
1.7.	RECOMENDACIONES	35
1.8	BIBLIOGRAFÍA	36
1.9	ANEXOS.....	38

CAPÍTULO II. INVESTIGACIÓN. ESTIMACIÓN DE BIOMASA Y CONTENIDO DE CARBONO EN LAS PLANTACIONES DE *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, EN EL MUNICIPIO DE SIQUINALÁ DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA, GUATEMALA..... 39

2.1.	PRESENTACIÓN.....	40
2.2.	MARCO TEÓRICO	42
2.2.1	MARCO CONCEPTUAL.....	42
2.2.1.1	Definiciones.....	42
A.	El carbono	42
B.	Biomasa y fijación de carbono por las plantas	42
C.	La captura unitaria de carbono	43
c.1.	Carbono en vegetación (CV).....	44
c.2.	Carbono en descomposición (CD)	44
c.3.	Carbono en el suelo (CS).....	44
2.2.1.2	CUANTIFICACIÓN DE CARBONO	44
A.	Biomasa arriba del suelo	44
B.	Biomasa abajo del suelo.....	45
C.	Hojarasca y materia vegetal muerta	45
D.	Suelos	45
2.2.2	MARCO REFERENCIAL	46
2.2.2.1	DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE FORESTAL DE ESTUDIO.....	46
A.	Distribución geográfica	46
B.	Descripción botánica	46
C.	Diámetros.....	47
D.	Texturas de suelos	47

E. Topografía.....	47
F. Precipitación.....	47
G. Plantación.....	47
H. Rendimientos.....	48
I. Usos.....	48
2.2.2.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS SITIOS DE MUESTRO.....	49
A. Ubicación, extensión, acceso.....	49
2.2.2.3 ESTUDIOS SIMILARES REALIZADOS EN GUATEMALA.....	52
2.2.2.4 MERCADO DE CARBONO.....	54
A. SITUACIÓN ACTUAL DE LA VENTA DE CARBONO.....	55
B. NIVEL INTERNACIONAL.....	57
C. NIVEL REGIONAL.....	58
D. NIVEL NACIONAL.....	59
E. PERSPECTIVAS DE MERCADO DEL CARBONO.....	60
2.3. OBJETIVOS.....	62
2.3.1 GENERAL.....	62
2.3.2 ESPECÍFICOS.....	62
2.4. METODOLOGÍA.....	63
2.4.1 SELECCIÓN DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO.....	63
2.4.2 CARACTERÍSTICAS PARA LA SELECCIÓN DE RODALES.....	63
2.4.3 CARACTERÍSTICAS PARA SELECCIÓN DE ÁRBOLES.....	64
2.4.4 TIPO DE MUESTREO.....	64
2.4.5 UNIDADES DE MUESTREO.....	64
2.4.6 TAMAÑO DE LA MUESTRA.....	64
2.4.7 VARIABLES.....	65
2.4.7.1 Variables primarias.....	65
2.4.7.2 Variables derivadas.....	65
2.4.8 CLASES DIAMÉTRICAS.....	65
2.4.9 FASE DE CAMPO.....	66
2.4.9.1 MEDICIÓN DEL DAP.....	66
2.4.9.2 MEDICIÓN DE ALTURA.....	66
2.4.9.3 DERRIBO DEL ÁRBOL.....	66
2.4.9.4 MEDICIÓN DE LONGITUD.....	66
2.4.9.5 DESRAMADO.....	66

2.4.9.6	SEPARACIÓN DE RAMAS, RAMILLAS y HOJAS	66
2.4.9.7	MEDICIONES DEL FUSTE	66
2.4.9.8	PROCESO DE PESADO DE FUSTES, RAMAS, RAMILLAS, HOJAS	67
2.4.9.9	SELECCIÓN DE SUBMUESTRAS.....	67
A.	MUESTREO DE HOJAS, RAMAS, RAMILLAS	67
B.	MUESTREO FUSTE	67
2.4.10	FASE DE LABORATORIO	68
2.4.10.1.	SECADO DE SUBMUESTRAS.....	68
2.4.10.2.	ANÁLISIS DE SUBMUESTRAS DE RODAJAS DE FUSTES.....	68
2.4.11.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	69
2.4.11.1.	ANÁLISIS DE VOLUMEN	69
2.4.11.2.	DENSIDAD ESPECÍFICA DE MADERA	69
2.4.11.3.	PESO FRESCO INICIAL.....	69
2.4.11.4.	CONTENIDO DE HUMEDAD.....	69
2.4.11.5.	MATERIA SECA	69
2.4.11.6.	BIOMASA	70
2.4.11.7.	CARBONO.....	70
2.4.12.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	70
2.5.12.1.	REGRESIÓN NO LINEAL Y CORRELACIÓN.....	70
2.4.12.2	FACTOR O ÍNDICE DE EXPANSIÓN	70
2.5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	71
2.5.1	CARACTERÍSTICAS DE LOS ÁRBOLES MUESTREADOS.....	71
2.5.2.	PESO HÚMEDO EN CAMPO.....	72
2.5.3	MATERIA SECA.....	73
2.5.4	CONTENIDO DE HUMEDAD	74
2.5.5	ESTIMACIÓN BIOMASA.....	75
2.5.5.1.	ECUACIONES DE BIOMASA.....	77
2.5.5.2.	CORRELACIÓN DE LA BIOMASA.....	81
2.5.6	ESTIMACIÓN DEL CARBONO	81
2.5.7	FACTOR DE EXPANSIÓN DE BIOMASA.....	86
2.6.	VALORACIÓN DE LA FIJACIÓN DEL CARBONO	87
2.7.	CONCLUSIONES	88
2.8.	RECOMENDACIONES	89
2.9.	BIBLIOGRAFÍA	90

2.10. ANEXOS	93
---------------------------	-----------

CAPÍTULO III. SERVICIOS PRESTADOS EN LA EMPRESA PANTALEÓN S.A. EN SIKUINALÁ, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA	100
---	------------

3.1 PRESENTACIÓN.....	101
3.2. SERVICIOS EJECUTADOS.....	103
3.2.1 CONTROL DE MALEZAS EN LA PLANTACIÓN DE <i>Eucalyptus urograndis</i> EN LA FINCA EMINENCIA, INGENIO CONCEPCIÓN, ESCUINTLA, GUATEMALA	103
3.2.1.1 INTRODUCCIÓN.....	103
3.2.1.2 OBJETIVOS.....	104
3.2.1.4 METODOLOGÍA.....	105
3.2.1.5 RESULTADOS.....	107
3.2.1.5 CONCLUSIONES.....	112
3.2.1.6 RECOMENDACIONES.....	112
3.2.1.7 EVALUACIÓN.....	113
3.2.1.8 ANEXOS.....	114
3.2.2 GENERACIÓN DE MAPAS GEOGRÁFICOS DE INFORMACIÓN BIOFÍSICA DE LAS FINCAS EMINENCIA Y CRISTALINAS DE LA EMPRESA	116
3.2.2.1 INTRODUCCIÓN.....	116
3.2.2.2 OBJETIVOS.....	116
3.2.2.3 METODOLOGÍA.....	117
3.2.2.4 RESULTADOS.....	118
3.2.2.5 EVALUACIÓN.....	124
3.2.2.6 ANEXOS.....	124
3.2.3 EDUCACIÓN AMBIENTAL EN LA ESCUELA PANTALEÓN S.A.	125
3.2.3.1 INTRODUCCIÓN.....	125
3.2.3.2 OBJETIVOS.....	126
3.2.3.3 METODOLOGÍA.....	126
3.2.3.4 RESULTADOS.....	127
3.2.3.5 EVALUACIÓN.....	128
3.2.3.6 ANEXOS.....	129

3.2.4	DISEÑO DE ZANJAS DE INFILTRACIÓN EN FINCA EL BAÚL, INGENIO	
	PANTALEÓN S.A.	131
3.2.4.1	INTRODUCCIÓN	131
3.2.4.2	OBJETIVOS	132
3.2.4.3	METODOLOGÍA.....	132
3.2.4.4	RESULTADOS	133
3.2.4.5	RECOMENDACIONES	134
3.2.4.6	EVALUACIÓN	134
3.2.4.7	ANEXOS	135
3.3.	COMENTARIO GENERAL	137
3.4.	BIBLIOGRAFÍA	138
3.5.	ANEXOS	139

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA No.		PÁGINA.
Figura 1.1.	Ubicación del departamento de Escuintla.	3
Figura 1.2.	Ubicación del municipio de Siquinalá, departamento de Escuintla.	8
Figura 1.3.	Ubicación de la Finca Eminencia.	17
Figura 1.4.	Ubicación de la Finca Cristalinas.	20
Figura 2.1.	Aspecto general y detalle de flores, corteza de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.	49
Figura 2.2.	Ubicación geográfica de las plantaciones de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.	50
Figura 2.3.	Comparación de la biomasa entre árboles.	76
Figura 2.4.	Relación DAP/Biomasa utilizando el modelo $y = 0.0334x^{2.8769}$	78
Figura 2.5.	Relación DAP/Biomasa utilizando el modelo $y = 6.851e^{0.156x}$	79
Figura 2.6.	Correlación de biomasa real vrs biomasa estimada.	81
Figura 2.7.	Estimación del Carbono fijado, de cada componente por edades de plantación en t/ha.	83
Figura 2.8.	Estimación del porcentaje de carbono fijado por cada componente en relación al carbono total por edad de plantación.	84
Figura 2.9.	Carbono fijado en t/ha, por edad de las plantaciones de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.	85
Figura 2.10A.	Estratos muestreados del árbol <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.	99
Figura 3.1.	Grafica del efecto de los tratamientos aplicados en el ensayo 1.	107
Figura 3.2.	Mapa de serie de suelos de la Finca Cristalinas.	118
Figura 3.3.	Mapa de precipitación anual Finca Cristalinas.	119
Figura 3.4.	Mapa de suelos de la Finca Eminencia.	120
Figura 3.5.	Mapa de cuencas hidrográficas de la Finca Eminencia.	121
Figura 3.6.	Mapa de capacidad de uso de la tierra en la Finca Eminencia.	122
Figura 3.7.	Mapa de zonas de vida de la Finca Eminencia.	123
Figuras 3.8, 3.9.	Registro y toma de coordenadas y establecimiento de límites de las fincas.	124
Figura 3.10.	Esquema del diseño de las zanjas de infiltración.	133

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO No.		PÁGINA.
Cuadro 2.1.	Características de los sitios de muestreo.....	51
Cuadro 2.2.	Clasificación por edades de las plantaciones estudiadas en la Finca Margaritas Ingenio La Unión y Finca Cristalinas Ingenio Pantaleón S.A. 2006.....	63
Cuadro 2.3.	Número de individuos por clase diamétrica.....	65
Cuadro 2.4.	Características dasométricas de los árboles muestreados en la Finca Margaritas y Finca Cristalinas, 2006.....	71
Cuadro 2.5.	Peso húmedo en el momento del derribo de los árboles.....	72
Cuadro 2.6.	Fracción de materia seca obtenida en el laboratorio del centro de estudios ambientales (CEA) de la Universidad del Valle de Guatemala (UVG) 2006.....	73
Cuadro 2.7.	Porcentaje de contenido de humedad de las submuestras por edad.....	74
Cuadro 2.8.	Estimación de Biomasa por árbol.....	75
Cuadro 2.9.	Modelos matemáticos generados para estimar la biomasa de los árboles.....	77
Cuadro 2.10.	Matriz de datos para la comparación de ecuaciones de biomasa para la especie <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.....	80
Cuadro 2.11.	Total de contenido de carbono fijado por edad de la especie de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.....	82
Cuadro 2.12.	Factor o índice de expansión de biomasa (FEB).....	86
Cuadro 2.13.	Valoración económica de tC/ha fijado.....	87
Cuadro 2.14A.	Estimación de carbono en toneladas y de Biomasa en Kg por árbol.....	93
Cuadro 2.15A.	Cálculo del factor o índice de Expansión.....	94
Cuadro 2.16A.	Boleta de Campo utilizada para el Inventario forestal.....	95
Cuadro 2.17A.	Resumen del Inventario Forestal realizado en las plantaciones de las Fincas Margaritas y Cristalinas.....	96

Cuadro 2.18A.	Boleta para datos de campo.	97
Cuadro 2.19A.	Boleta para datos de Laboratorio.	98
Cuadro 3.1.	Resultados del porcentaje de control de malezas del ensayo 1.	108
Cuadro 3.2.	Resultados del porcentaje de control de malezas del ensayo 2.	109
Cuadro 3.3.	Resultados del análisis de costos del ensayo 1.	111
Cuadro 3.4.	Resultados del análisis de costos del ensayo 2.	111
Cuadro 3.5.	Resultados de la implementación de los proyectos de educación ambiental.	127

TRABAJO DE GRADUACIÓN

ESTIMACIÓN DE BIOMASA Y CONTENIDO DE CARBONO EN PLANTACIONES DE *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh Y ACTIVIDADES DE CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES, EN LA EMPRESA PANTALEÓN S.A. SIQUINALÁ, ESCUINTLA.

BIOMASS ESTIMATION AND CARBON CONTENT IN PLANTATIONS OF *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh AND ACTIVITIES OF CONSERVATION OF NATURAL RESOURCES, IN PANTALEÓN S.A. SIQUINALÁ, ESCUINTLA.

RESUMEN

Pantaleón S.A. es una organización privada, agroindustrial dedicada al cultivo y procesamiento de la caña, para la producción de azúcar y abasteciendo energía eléctrica al sistema eléctrico de Guatemala. Manteniendo un desarrollo y crecimiento acelerado, construyendo modernas plantas industriales e inversiones productivas en el agro guatemalteco, con tecnología vanguardista, siendo el principal productor de azúcar en la región Centroamericana y uno de los más grandes de Latinoamérica.

La responsabilidad del cuidado, preservación del medio ambiente y de los recursos naturales forma parte de la filosofía de esta organización, por lo que se cuentan con programas para evitar la contaminación de la atmósfera y de afluentes o ríos. Además se cuenta con un programa de reforestación, utilizando diferentes especies de árboles en una extensión de 1052 ha, las cuales fueron plantadas durante los últimos cinco años, proyecto que sigue creciendo con incrementos de nuevas áreas año con año.

La empresa contribuye al desarrollo y mejora de la situación forestal, incentivando la reforestación y además generando empleos mediante el establecimiento manejo y desarrollo de las plantaciones forestales que a su vez producen ingresos, beneficiando así al ser humano y a la naturaleza.

En base a lo anterior, se elaboró un diagnóstico de las plantaciones establecidas en las Fincas Cristalinas y Eminencia, cuyo propósito fue determinar su problemática que en ambos casos en una instancia inicial se desconocía de su cobertura forestal total, recursos disponibles, planes de manejo, controles sanitarios. Así pues, se identificaron las oportunidades potenciales, tales como venta de productos y subproductos provenientes de dichas plantaciones.

Con lo que respecta a la investigación se realizó la Estimación de biomasa y contenido de carbono en plantaciones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh de 4, 6, 8 y 15 años, en el municipio de Siquinalá departamento de Escuintla, Guatemala, obteniendo los siguientes resultados, la biomasa total por encima del suelo, fue de 27.66, 87.37, 76.12 y 159.77 t/ha. Además de generar la ecuación para la estimación de biomasa de dicha especie, específicamente para Guatemala, esta ecuación es $Biomasa = 0.0334 (DAP)^{2.876}$ con un coeficiente de determinación (95%), por lo que el modelo es confiable para estimar biomasa. Las plantaciones de 4, 6, 8 y 15 años de edad, fijaron un carbono total de 13.83, 43.69, 38.06 y 79.89 t/ha respectivamente. Los costos económicos del secuestro de carbono, de estas plantaciones, oscila entre los precios de \$82.98, \$262.14, \$228.36, \$479.34 tC/ha, respectivamente. Queda en evidencia la importancia del desarrollo de proyectos de este tipo ya que representan una fuente de ingresos por el pago de servicios ambientales repercutiendo en el desarrollo económico de la región.

También, como parte de las actividades del Ejercicio Profesional Supervisado se llevaron a cabo los siguiente servicios. Control de malezas en la plantación de *Eucalyptus urograndis*, se realizo en la Finca Eminencia, Ingenio Concepción en el departamento de Escuintla. Generación de mapas de aspectos biofísicos de Fincas Eminencia y Cristalinas, en donde están establecidas las plantaciones forestales. Educación ambiental en la escuela PANTALEÓN S.A. a niños y niñas de primaria con pláticas sobre el medio ambiente, el bosque, el suelo, el agua, peces y el manejo de la basura. Y además la planificación y el diseño de zanjas de infiltración en Finca El Baúl, con el fin de reducir la erosión de esta zona y a la vez mejorar la infiltración de agua, para recargar los mantos acuíferos.

**CAPÍTULO I. DIAGNÓSTICO DE LAS PLANTACIONES FORESTALES DE LA
EMPRESA PANTALEÓN S.A. EN EL MUNICIPIO DE SIQUINALÁ, DEPARTAMENTO DE
ESCUINTLA.**

1.1 PRESENTACIÓN

Guatemala es un país que posee una gran riqueza en recursos naturales, particularmente en bosques debido en gran parte por su topografía, suelos, clima etc. Sin embargo, el principal problema es que la masa boscosa es cada vez menor según el mapa de Cobertura Vegetal y uso de la Tierra 2003-2005, del Ministerio de Agricultura MAGA, efectuado con fotografías satelitales, es de 40,572.9 km², lo cual equivale al 37.26 por ciento del territorio nacional. Esto se subdivide en bosque latifoliado 31,554.3 Km², conífero 2,496.1 Km², mixto 6,316.3 Km² y manglar 206.13 Km² (6).

Pese a algunos esfuerzos que se llevan a cabo, con tal de reducir la tasa de deforestación en nuestro país, es necesario crear conciencia a la sociedad principalmente la consecuencia directa de la reducción del bosque, especialmente en los últimos 10 años, durante los cuales se han perdido bosques a un ritmo de 73,184 hectáreas por año, lo cual equivale a una tasa de deforestación de 1.43 por ciento anual. Lo cual es evidente en un porcentaje cubierto inferior que al de décadas atrás (6).

En busca de evitar que dicha situación continúe, la empresa **Pantaleón S.A.** contribuye al desarrollo y mejora de la situación forestal, incentivando la reforestación y además generando empleos mediante el establecimiento manejo y desarrollo de las plantaciones forestales que a su vez producen ingresos, beneficiando así al ser humano y a la naturaleza.

El objetivo del diagnóstico realizado durante 10 meses (Agosto 2006-Mayo 2007) en las plantaciones forestales de la corporación **Pantaleón S.A.**, ubicadas en las Fincas: "Eminencia" y "Cristalinas", fue determinar su problemática que en ambos casos en una instancia inicial se desconocía de su cobertura forestal total, recursos disponibles, planes de manejo, controles sanitarios. Así pues, se identificaron las oportunidades potenciales tales como venta de productos y subproductos provenientes de las plantaciones.

1.2 MARCO REFERENCIAL

1.2.1 DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA

1.2.1.1 Ubicación

El Departamento de Escuintla se encuentra ubicado en la Región Central de la República. Se ubica en la altitud 14° y $18'03''$ longitud 90° $47'08''$ y cuenta con una extensión territorial de 4,384 kilómetros cuadrados que equivalen al 4% del territorio nacional (5).

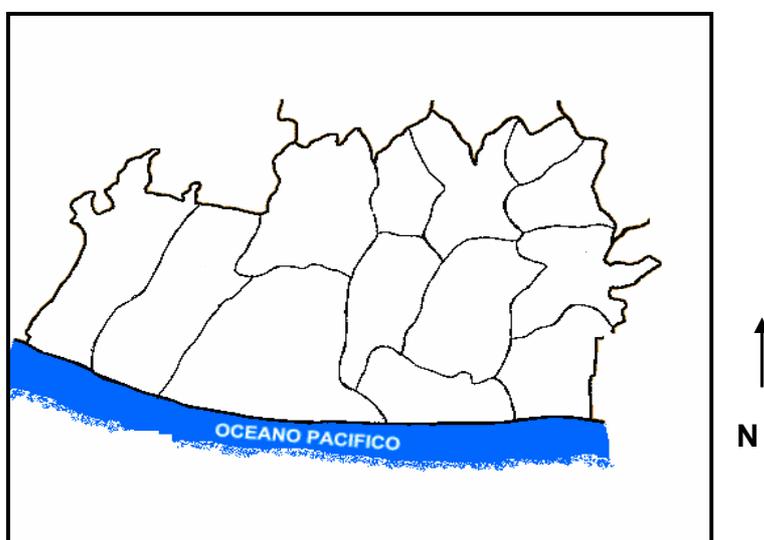


Figura 1.1. Ubicación del departamento de Escuintla.

(1)

1.2.1.2 Contexto geográfico

Limita al norte con los departamentos de Chimaltenango y Sacatepéquez, al noroeste con el departamento de Guatemala, al este con el departamento de Santa Rosa, al oeste con el departamento de Suchitepéquez y al sur con el Océano Pacífico (20).

Su cabecera departamental es Escuintla y se encuentra a 58 kilómetros de la ciudad capital de Guatemala. Los principales lugares poblados son: Escuintla, Santa Lucía Cotzumalguapa, Siquinalá, Tiquisate y San José.

La jurisdicción departamental comprende 13 municipios cuya extensión territorial es la siguiente:

Cuadro 1.1. Extensión territorial de los municipios de Escuintla, Guatemala.

Municipio	Km²
Escuintla	332
Santa Lucia Cotzumalguapa	432
La Democracia	320
Siquinalá	168
Masagua	448
Tiquisate	338
La Gomera	640
Guanagazapa	220
San José	280
Iztapa	328
Palín	88
San Vicente Pacaya	236
Nueva Concepción	554

(20)

1.2.1.3 Geología

Se encuentran aluviones cuaternarios; así como en áreas pequeñas, rocas volcánicas, que incluye coladas de lava, material lahárico y edificios volcánicos; en el área circunvecina al volcán de Pacaya se encuentran rocas volcánicas sin dividir. Predominantemente Mio-Piloceno. Incluye tobas, coladas de lava, material lahárico y sedimentos volcánicos (20).

1.2.1.4 Fisiografía

El Departamento se encuentra situado en la Región V o Región Central del país. Limita al Norte con los departamentos de Chimaltenango, Sacatepéquez y Guatemala; al sur con el Océano Pacífico; al Este con Santa Rosa; y, al Oeste, con Suchitepéquez. Dentro de su extensión territorial se encuentra el Volcán de Pacaya, en el municipio de San Vicente Pacaya. Este volcán cuenta con una altura de 2,544 metros sobre el nivel del mar (20).

1.2.1.5 Suelos

En lo que respecta al tipo de suelo la zona central y sur del departamento está constituido de material arcilloso que forma zonas fangosas y pantanosas; en el sector cercano a la costa y al norte la mayoría de suelo está constituido de material volcánico. Este Departamento tiene dos áreas topográficas. En la primera sobresale la Sierra Madre, la cual posee conos volcánicos entre los cuales destaca el Volcán de Pacaya. Además, posee serranías complicadas y elevadas crestas, altiplanicies, desfiladeros y barrancos profundos, cráteres y lagunas; y la segunda, es conformada por una planicie que termina en el océano pacífico, la cual es llamada costa grande (20).

1.2.1.6 Hidrografía

El Departamento de Escuintla es irrigado por la vertiente de varios ríos, entre los cuales están:

- El Naranjo
- Coyolate
- Michatoya
- Guacalate
- Nahualate
- Madre Vieja
- María Linda

Estos ríos desembocan en el Océano Pacífico. Recorren grandes extensiones del departamento, por lo que sus tierras son fértiles y muy aptas para las actividades agropecuarias. Por otro lado, en este departamento se forma el canal de Chiquimulilla el cual es navegado por varias embarcaciones, facilitando la comunicación con varias comunicaciones de este departamento y del departamento de Santa Rosa. Asimismo, existen algunas lagunas dentro de su territorio como la de Tecojate, Quitasombrero, Los Patos y Sipacate (20).

1.2.1.7 Condiciones Climáticas

El clima que predomina en la mayor parte del departamento es cálido, registrándose temperaturas entre 21° y 34° C promedio. Se observa una precipitación pluvial abundante durante los meses de mayo a octubre, mientras que en los meses de noviembre a abril se considera una época seca, aunque hay lluvias esporádicas; la humedad se encuentra en el 80% (20).

1.2.1.8 Zonas de vida

Debido a su ubicación geográfica, el departamento cuenta con clima variable que va desde templado, hasta el cálido, donde se pueden apreciar claramente dos zona de vida vegetal: la zona bh-S(c) que es bosque húmedo sub-tropical cálido y la zona bmh-S(c) que es bosque muy húmedo sub-tropical cálido (20).

1.2.1.9 Uso Actual del Suelo

La calidad de sus suelos constituye una de las riquezas más grandes de este departamento, por lo que su economía se basa en la explotación agropecuaria. Destacan cultivos de la caña de azúcar, algodón, café, frutas de clima cálido, granos básicos, legumbres, plátanos y el sorgo. También la crianza de ganado vacuno, equino y porcino, cuya producción se dedica principalmente a la exportación (20).

1.2.1.10 Uso Potencial del Suelo

La capacidad productiva de este departamento se basa en una interpretación de los efectos combinados de clima y de las características permanentes del suelo, como pendiente, textura, drenajes superficiales e internos, profundidad, contenido de materia orgánica, efectos de la erosión, material generador, tipos minerales de la arcilla, fertilidad natural del suelo y limitaciones de su uso, requerimientos de manejo y riesgo de daños, por un uso agrícola inadecuado (20).

1.2.1.11 Cobertura Forestal

Por las características de su topografía, clima y suelo, Escuintla alberga 2 tipos distintos de bosque. El área con cobertura forestal es de 228 kms², lo que representa aproximadamente el 5% del territorio del departamento (20).

1.2.2 MUNICIPIO DE SIQUINALA, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA

1.2.2.1 Ubicación

El municipio de Siquinalá se encuentra situado en la parte norte del departamento de Escuintla, en la Región V o Región Central. Se localiza en la latitud $15^{\circ} 18' 21''$ y en la longitud $90^{\circ} 05' 58''$ (21).

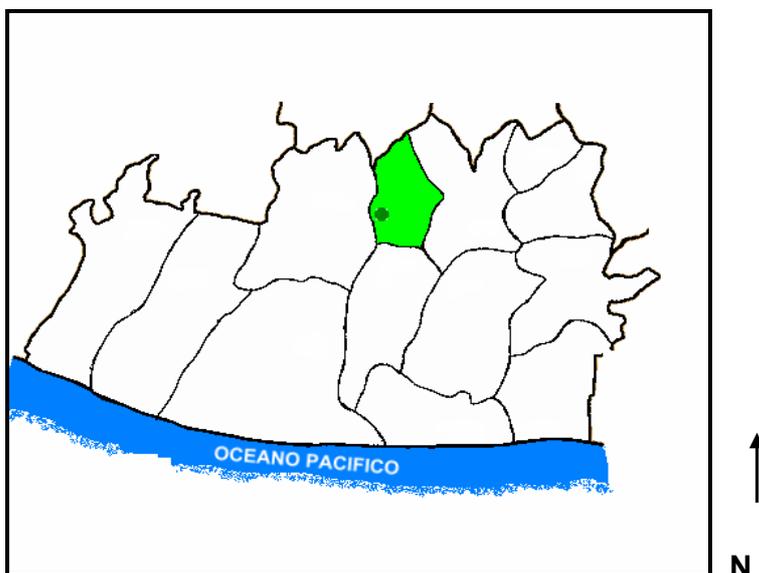


Figura 1.2. Ubicación del municipio de Siquinalá, departamento de Escuintla.

Sus límites territoriales son: al norte con Santa Lucía Cotzumalguapa y Escuintla, al este con Escuintla, al Sur con La Democracia y al oeste con Santa Lucía Cotzumalguapa (21).

1.2.2.2 Red vial y puentes

La carretera Interamericana CA-2, nos permite llegar al municipio de Siquinalá. Así mismo, cuenta con caminos vecinales, veredas y roderas que lo comunican con otros municipios y poblados rurales. Otra vía de comunicación con que cuenta Siquinalá es la vía férrea, por medio de la cual se encuentra la estación del ferrocarril Pantaleón (21).

1.2.2.3 Extensión territorial

Siquinalá, municipio del departamento de Escuintla, cuenta con una extensión territorial de 168 Km² y se encuentra a una altura de 336.58 msnm, por lo que generalmente su clima es cálido. Dentro del municipio se localizan las principales comunidades descritas a continuación: Nispero, Capulín, Belice, Lucerna, Los Cedro, Tierra Verde, Peña Flor, Las Palmas, Campamento (21).

Cuadro 1. 2. Fincas presentes en el municipio de Siquinalá.

San Felipe, San José La Montaña	Santa Rosa, Limonares
Las Marías, Maravillas	La Esmeralda (Escuintla), El Triunfo
El Retiro, El Coco	El Baldío, Bella Vista
Suiza, Valdivia	Nueva Linda, La Violetas
El Carmen, Villa Aurora	Guachipilincito, El Paraíso
La Unión, Nueva Esperanza	Buenos Aires, La Reforma
Santa Rita, Santa Marina	Santa Catalina, La Humildad
Naranjales I, Naranjales II	El Esfuerzo, Monte María
El Milagro, Las Palmas	La Cuchilla, El Peñón
La Providencia, Entre Ríos (Escuintla),	San Francisco, San Isidro
El Socorro, Azulinas	San Felipe, San José Palmeras
Palmeras, San José La Isla	Santa Ana, San Antonio, Los Cedros
Tecomate, Las Marías	Dulce María, El Tesoro
San Juan, Las Flores Villa Elisa	San José El Rodeo, San José Miramar
Mi Granjita, La Cantadora	La Esperanza, San Vicente

Fuente: SEGEPLAN 2003

1.2.2.4 Condiciones geográficas

En su jurisdicción se encuentran la montaña El Nispero, 3 cerros El Campanario, El Peñón y El Sobretudo, lo riegan 24 ríos, descritos a continuación: Acomé, Cuaches, Las Pilas, Achíguate, Cuncuyá, Mazate, Agua Zarca, El Capulín, Melina, Agüero, El Tigre, Pantaleón, Cangrejo, El Jutillo, Plataneras, Ceniza, La Parida, Taniyá (aguas abajo cambia a obispo), Colojate, La Toma, Zarco, Colo Jatillo, Las Marías, Zarza 2, riachuelos Cuncún y La Azotea, 2 zanjones El Cantil y Lempa, 1 quebrada Ancha, El Convento, La Arenera, Los Encuentros del Nispero, El Jute, La Ceiba, Pueblo Nuevo, Zarca de la Pulpa, El Volador, La Lagunilla, Toma de San Víctor y la catarata Capulín (21).

1.2.2.5 Clima

Clima calido, con temperatura aproximada de 24 a 28 Grados Centígrados (21).

1.2.2.6 Zona de vida

De acuerdo con la clasificación de zonas de vida de Guatemala, el municipio se encuentra dentro de las siguientes:

- Bosque Húmedo Subtropical Templado (BHS-t)

Tiene una extensión de 181 kilómetros cuadrados, representa el 78% de la cobertura total, la precipitación varia entre 1,100 a 1349mm anuales, la biotemperatura va de 20 a 26 grados centígrados, la especie indicadora es el pino colorado (*Pinus oocarpa*) y su relación de evapotranspiración es igual a 1.0₂, es importante considerar esta zona para los proyectos de reforestación y manejo de cuencas hidrográficas (21).

- Bosque Seco Subtropical (BSS)

Esta zona está representada con una cobertura de 51 kilómetros cuadrados, que equivalen al 22% de la extensión del municipio, la precipitación de esta zona varía entre 500 a 1000 mm, la biotemperatura va de 19 a 24 grados centígrados

La especie indicadora es el tecomajuche (*Cochlospermum vitifolium*) y su relación de evapotranspiración potencial es igual a 1.5 dicha zona es importante para el establecimiento de cultivos de hortalizas de clima cálido (21).

La vegetación típica en esta región cuenta con algunas especies forestales, y principalmente con producción de mangle su cuidado está bajo la responsabilidad del Consejo Nacional de Áreas Protegidas CONAP (21).

1.2.2.7 Recursos naturales

- *Recurso suelo*

A nivel del municipio de Siquinalá predominan los suelos con declive del pacifico, caracterizados por ser desde mediana mente profundos, desarrollados sobre materiales volcánicos de color claro a oscuro y en algunos casos mezclados, con relieves que van desde suavemente inclinados a inclinados y escarpados (21).

La clasificación de productiva del suelo, se basa en una interpretación de los efectos combinados de clima y de las características permanentes del suelo, como pendiente, textura, drenaje superficial e interno, profundidad del horizonte arable, contenido de materia orgánica, erodabilidad, material generador, tipos minerales de la arcilla, fertilidad natural del suelo y limitaciones para su uso, requerimientos de manejo y riegos de daño por un uso agrícola inadecuado (21).

- *Agua*

Dentro de los recursos naturales con que cuenta este territorio están las fuentes de agua, estas son muy numerosas y es una característica propia de la región, a continuación se presenta un listado de las más importantes dentro del municipio:

El Río Acomé Siquinalá, El Río El Capulín
El Río Achiguate, El Río Las Marías
El Río Agua Zarca, El Río Mazate
El Río Cangrejo, El Río Pantaleón
El Río Agüero, Riachuelos, Cuncún y la Azotea

- *Especies forestales*

La cantidad de especies forestales que se cultivan en la región es variada en cuanto a su origen y utilidad, existen especies de maderas preciosas de mucho valor económico, algunas plantaciones de palo de hule que son explotadas, otras son utilizadas por su resistencia en construcción y producción de muebles, otras son únicamente ornamentales y que utilizados para embalaje de productos (21).

A continuación se presentan un listado con las especies que se identifican en el área.

1. *Hevea brasiliensis* (Hule)
2. *Cedrela odorata* L.(Cedro)
3. *Swietenia macrophylla* King. (Caoba)
4. *Albizia saman* (Cenicero)
5. *Ceiba pentandra* (Ceiba)
6. *Tabebuia Rosea*. (Matilisguate)
7. *Diphysa robinoides* (Guachipilin)
8. *Calycophyllum biflorum* (Palo blanco)
9. *Glirecidia sepium*. (Madre cacao)
10. *Enterolobium cyclocarpum* (Conacaste)
11. *Terminalia oblonga*(Volador) (21)

1.3. OBJETIVOS

1.3.1 GENERAL

Elaborar el Diagnóstico de las plantaciones forestales de la empresa Pantaleón S.A. establecidas en Las Fincas “Eminencia” y “Cristalinas” con el propósito de identificar los problemas y así proponer soluciones para lograr un desarrollo sostenible.

1.3.2 ESPECÍFICOS

- Analizar las características biofísicas de las plantaciones forestales.
- Identificar los problemas en las plantaciones y brindar recomendaciones adecuadas para la solución de los mismos.

1.4 METODOLOGÍA

El diagnóstico de las plantaciones forestales de la empresa **Pantaleón S.A.** fue realizado en 3 fases que permitieron organizar el trabajo de forma más adecuada.

1.4.1 PRIMERA FASE: GABINETE

En esta fase se recopiló y organizó información de las plantaciones. Se buscó información en el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), la información biofísica en el Instituto Nacional de Bosques (INAB) y el Instituto Nacional de sismología Vulcanología Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) siendo estas básicamente las fuentes de información secundaria del área. Además, se obtuvo información brindada a través de la empresa, y la información bibliográfica necesaria. Dichas plantaciones cuentan con mapas que indican su ubicación geográfica, pero además se elaboraron mapas que sirvieron de base para la realización de este diagnóstico.

1.4.2 SEGUNDA FASE: CAMPO

Se efectuaron visitas de reconocimiento de las áreas, con el propósito de registrar y obtener más información sobre aspectos biofísicos de las áreas de estudio.

1.4.3 TERCERA FASE: GABINETE FINAL

La fase final de gabinete implicó la organización y tabulación de la información recabada en las dos primeras fases, la cual fue primordial para la elaboración del presente diagnóstico y su informe final.

1.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.5.1 FICHA TÉCNICA



- **Nombre de la empresa:**

Ingenio Pantaleón S.A.

- **Administrador de las plantaciones forestales:**

Departamento de Servicios Ambientales

- **Localización**

Finca Eminencia: Escuintla, Escuintla.

Finca Cristalinas: Siquinalá, Escuintla.

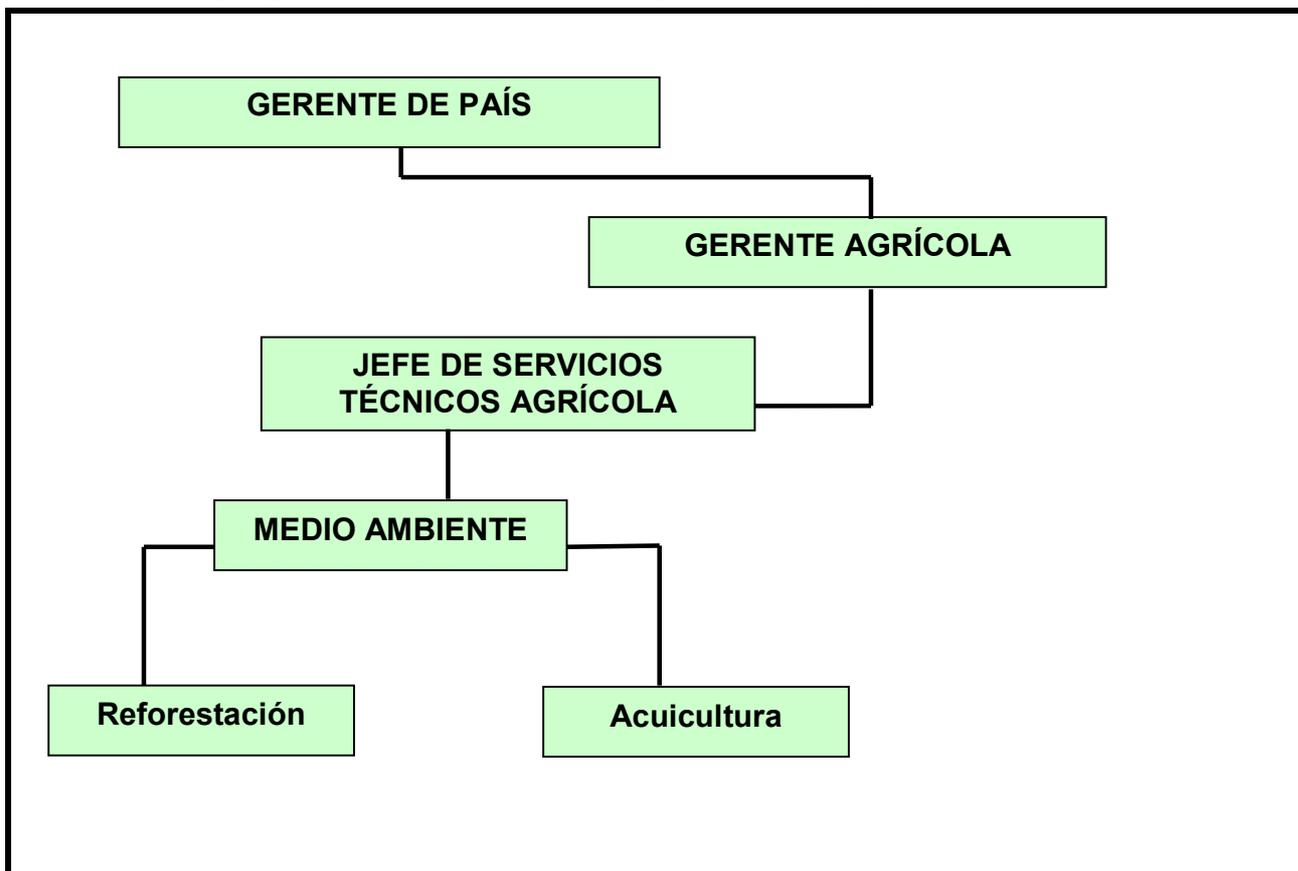
- **Área total de las plantaciones**

Finca Eminencia: 750 ha.

Finca Cristalinas: 423.50 ha.

1.5.1.2 ORGANIZACIÓN DE LA SEDE ADMINISTRATIVA DE LA EMPRESA PANTALEÓN S.A.

Cuadro 1.3. Organigrama de Servicios Técnicos Agrícolas de la Empresa.



Fuente: elaboración propia, de la consulta del organigrama general de la empresa.

Dentro de las responsabilidades de Servicios técnicos agrícolas está el departamento de medio ambiente el cual esta integrado por el siguiente personal:

1. Jefe del Departamento.
2. Técnico Forestal.
3. Supervisores de las fincas.
4. Caporales.
5. Trabajadores de campo.

1.5.2 FINCA EMINENCIA

1.5.2.1 Localización Geográfica

La finca Eminencia, se localiza en el municipio de Escuintla, departamento del mismo nombre, específicamente ubicada en la latitud $14^{\circ} 23'10''$, y longitud $90^{\circ} 45'58'''$. Su extensión es de 750 ha.

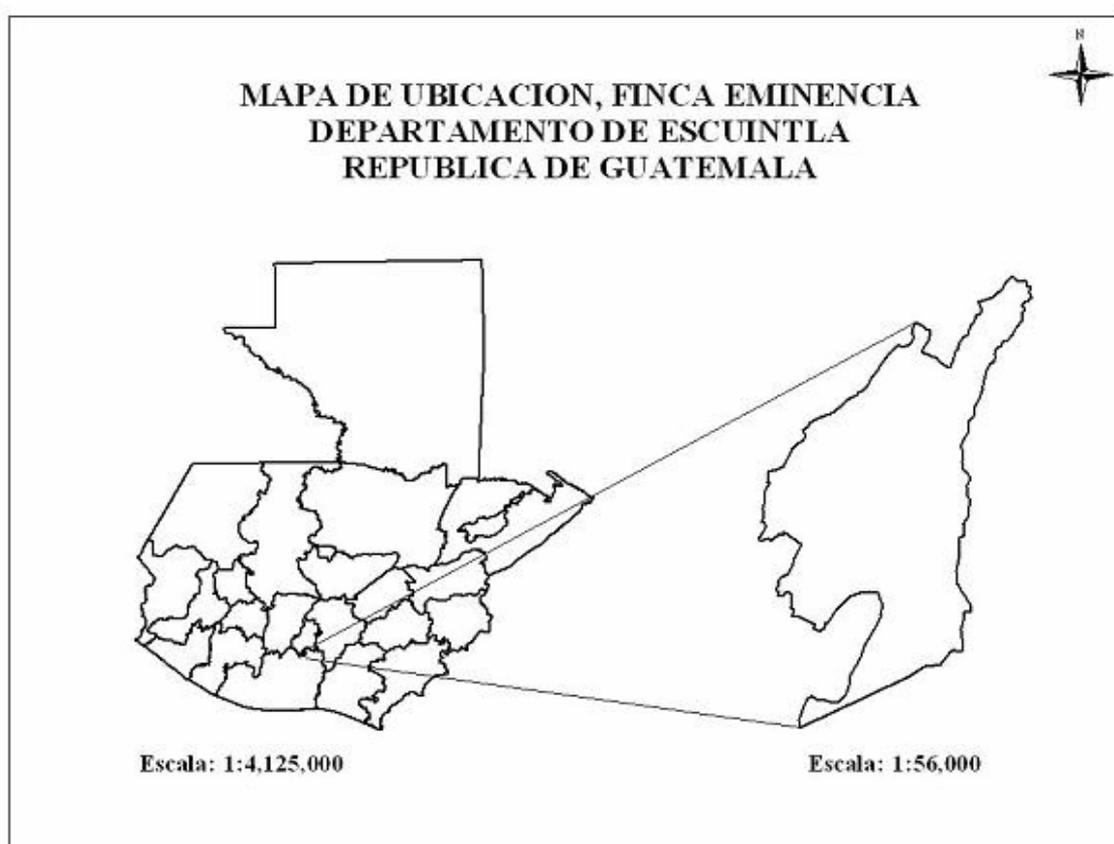


Figura 1.3. Ubicación de la Finca Eminencia.

1.5.2.2 Aspectos Biofísicos

Clima

De acuerdo a la clasificación de Thorntwaite (5), los climas que predominan son: Mesotermal, muy húmedo, sin estación seca bien definida; calido, sin estación fría, muy húmedo, sin estación seca muy definida. El clima de la región esta caracterizado por dos estaciones: severamente seca y muy húmeda, de casi igual duración.

La época de sequía se extiende desde noviembre hasta abril, pudiendo ser completamente seca, particularmente cerca de la costa y en altitudes sobre los 0 – 1600 msnm. Precipitación pluvial entre 2,136 – 4,327 msnm. Las temperaturas promedios son: máximas = 29.6, mínima = 18.4 y media = 24.9 °C

Zonas de vida

Según el sistema de clasificación de Holdridge (1), la finca se enmarca en la zona de vida: Bosque muy húmedo subtropical (cálido) **bmh-S(c)** y Bosque húmedo montano Bajo **bh-MB** (ver mapa)

Hidrografía

Las cuencas que atraviesan y forman parte de la Finca Eminencia, es la Cuenca del Río Achiguate, y La Cuenca del Río Maria Linda (17).

Geología

QV material parental del periodo cuaternario, con Rocas Ígneas y metamórficas: Rocas volcánicas. Incluye coladas de lava, material con tobas y restos volcánicos (11).

Fisiografía

La región fisiográfica a la que pertenece Finca Eminencia es **Volcán de Agua**, material Volcánicos, brechas, lavas, tobas, aglomerados, cenizas y muchas corrientes de lodo (15).
(Ver mapa)

Suelos

Según la clasificación de Simmons (23), los suelos de Escuintla, pertenecen a la series Alotenango (Al) y Yepocapa (Ye). A continuación se describe las características de cada una de la serie de suelos:

- *Series de suelos Alotenango:* suelos de ceniza volcánica como material madre, de color oscuro, posee un drenaje interno moderado, suelo superficial de color café claro y una textura franco arenoso.
- *Series de suelos Yepocapa:* relieve inclinado, ceniza volcánica como material madre, drenaje interno rápido suelo superficial de color café muy oscuro, textura franco arenosa.

(13)

Capacidad de Uso

Las tierras del Finca Eminencia son clasificadas en base a la Capacidad de uso del INAB como (5 y 6);

- **Capacidad de Uso IV** Tierras cultivables con severas limitaciones permanentes, con relieve desde ondulado a inclinado, aptas para pastos y cultivos perennes, requieren prácticas intensivas de manejo. Productividad de baja a mediana.
- **Capacidad de Uso VII** Tierras no cultivables, aptas solamente para fines de producción forestal relieve quebrado con pendientes muy inclinadas (19).

1.5.3 FINCA CRISTALINAS

1.5.3.1 Localización Geográfica

La finca Cristalinas se encuentra en el municipio de Siquinalá, departamento de Escuintla, específicamente ubicada en la latitud $14^{\circ} 20' 38''$, y longitud $90^{\circ} 58' 9''$. Su extensión es de 423.50 ha.

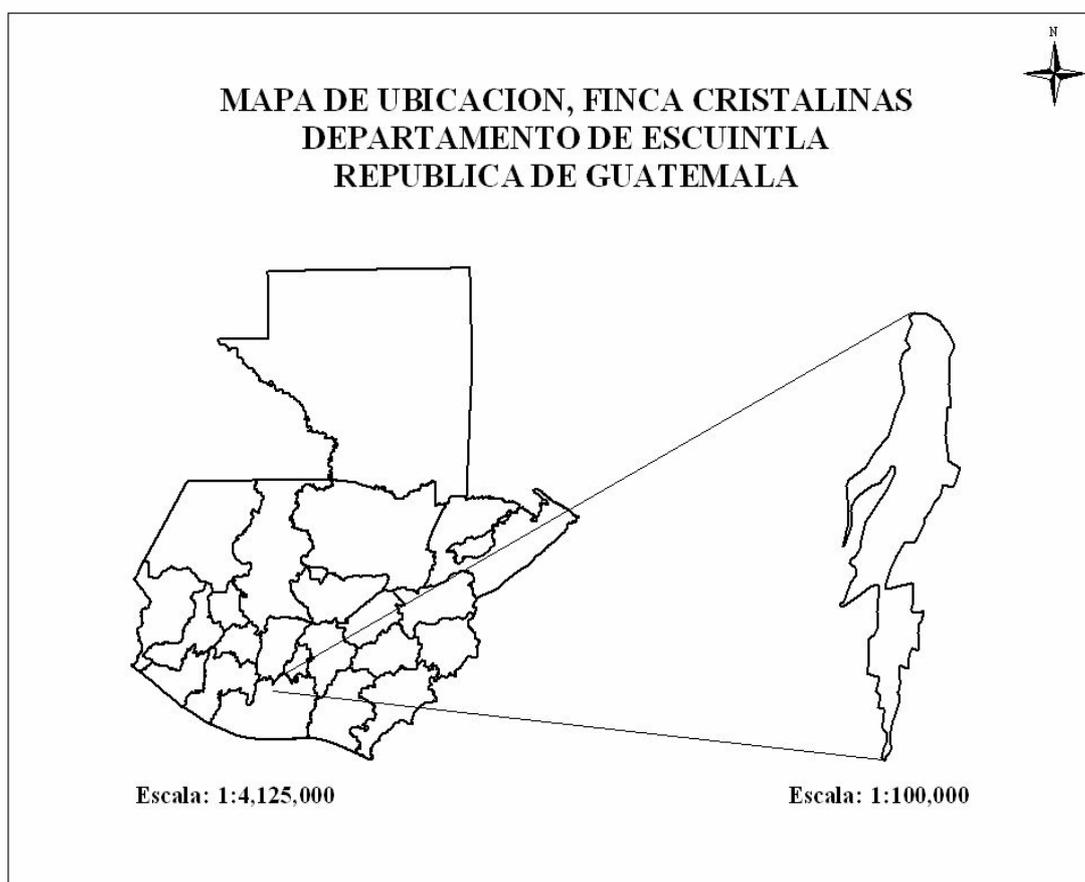


Figura 1.4. Ubicación de la Finca Cristalinas.

1.5.3.2 Aspectos Biofísicos

Clima

El clima de la región esta caracterizado por dos estaciones: severamente seca y muy húmeda, de casi igual duración. Precipitación pluvial entre 2,136 – 4,327 mm. Se encuentra a una altura de 336.58 metros sobre el nivel del mar por lo que generalmente su clima es cálido en casi todo su territorio (20).

Zonas de vida

Según el sistema de clasificación de Holdridge (1), la finca se enmarca en la zona de vida: Bosque muy húmedo subtropical (cálido) **bmh-S(c)** .

Hidrografía

Las cuencas que atraviesan y forman parte de la Finca Cristalinas, es la Cuenca del Río Achiguate, Cuenca Acome y Cuenca Coyolate (16). (*ver mapa*)

Geología

Qa Rocas Sedimentarias ALUVIONES CUATERNARIOS

Qv Material parental del periodo cuaternario, con Rocas Ígneas y metamórficas: Rocas volcánicas. Incluye coladas de lava, material con tobas y restos volcánicos (10). (*ver mapa*)

Fisiografía

La región fisiográfica a la que pertenece Finca Cristalinas es **Abanico Aluvial de los Ríos Coyolate – Acomé - Achiguate (parte del vértice)**, material con abundantes y grandes bloques de lava en una matriz de toba con abanicos y fluviales. En la parte Proximal y media, El abanico es resultado del material aluvial transportado por los ríos, los fragmentos rocosos provienen del macizo de los volcanes de Fuego y Acatenango. Pertenece al periodo Pleistoceno y actual; Cuaternario (14). (*Ver mapa*)

Suelos

Según la clasificación de Simmons (24), los suelos de Siquinalá, Escuintla, pertenecen a la series *Cj* Colojate, *Gc* Guacalate, *Pn* Panan. A continuación se describe las características de cada una de la serie de suelos:

- *Series de suelos Cojolate:* suelos de ceniza volcánica como material madre, de color oscuro, posee un drenaje interno moderado, suelo superficial de color café claro y una textura franco arenoso.
- *Series de suelos Guacalate* toba volcánica como material madre, buen drenaje rápido suelo superficial de color café muy oscuro, a gris muy oscuro. textura franco arenosa.
- *Series de suelos Panan* suelos de buen drenaje rápido suelo superficial de color café a café amarillento. Textura franco arenosa (12).

Capacidad de uso de la tierra

Las tierras de la Finca Cristalinas son clasificadas en base a la Capacidad de uso del INAB (5 y 6), como

- **Capacidad de Uso II** Tierras cultivables con pocas limitaciones, aptas para cultivo bajo riego, relieve plano ondulado o suavemente inclinado, alta productividad de manejo moderadamente intensivo.
- **Capacidad de Uso III** Tierras cultivables tienen medianas limitaciones para la producción agrícola, aptas para cultivos en riegos y cultivos muy rentables relieve plano a ondulado o suavemente inclinado productividad mediana con practicas intensivas de manejo (18).

1.5.4 DESCRIPCIÓN DE LAS PLANTACIONES FORESTALES

Cuadro 1.4. Descripción de las especies forestales encontradas.

FINCA CRISTALINAS				
Fase	Extensión (ha)	Especies Establecidas	No. de árboles	Edad (años)
1		<i>Pinus caribaea</i>	34,476	7
		<i>Cedrela odorata</i>	18,120	7
		<i>Swietenia macrophylla</i>	25,680	7
		<i>Cybistax donnell-smithi</i>	81,264	7
		<i>Tectona grandis</i>	37,800	7
		<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	98,700	7
		<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	39,000	7
Total	224		335,040	

Fase	Extensión (ha)	Especies Establecidas	No. de árboles	Edad (años)
2		<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	248,976	6
		<i>Eucalyptus deglupta</i>	23,525	6
		<i>Eucalyptus torreliana</i>	54,538	6
		<i>Cybistax donnell-smithi</i>	198,120	6
		<i>Cedrela odorata</i>	56,337	6
		<i>Tectona grandis</i>	93,600	6
		<i>Swietenia macrophylla</i>	21,715	6
		<i>Terminalia oblonga</i>	18,720	6
		<i>Gmelina arborea</i>	3,619	6
		<i>Pinus oocarpa</i>	37,440	6
		334,600	6	
Total	520		811,190	

Fase	Extensión (ha)	Especies Establecidas	No. de árboles	Edad (años)
3		<i>Cybistax donnell-smithi</i>	118,537	5
		<i>Cedrela odorata</i>	12,554	5
		<i>Tectona grandis</i>	144,208	5
		<i>Swietenia macrophylla K.</i>	4,500	5
		<i>Swietenia macrophylla K.</i>	2,696	5
		<i>Tabebuia rosea.</i>	8,999	5
		<i>Gmelina arborea</i>	38,496	5
total	358		329,990	

Fase	Extensión (ha)	Especies Establecidas	No. de árboles	Edad (años)
4		<i>Cybistax donnell-smithi</i>	42,774	4
		<i>Cedrela odorata</i>	3,889	4
		<i>Tectona grandis</i>	31,108	4
Total	70		77,771	

FINCA EMINENCIA			
	Extensión (ha)	Especies Establecidas	Edad (años)
	90	<i>Pinus oocarpa</i>	5
	452	<i>Eucalyptus urograndis</i>	1
	143.75	<i>Eucalyptus sp.</i>	
Total	685.75		

Nota: en la Finca Cristalinas esta bajo el Programa de Incentivos Forestales (PINFOR) en 4 fases.

1.5.5 PROBLEMÁTICA Y ALTERNATIVAS

Se analizó la problemática y se indican por medio de la elaboración de un análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA), además de las causas y efectos de los problemas.

Cuadro 1.5. Análisis FODA

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ol style="list-style-type: none"> 1. Características (relieve, clima, temperatura) se pueden explotar y beneficiar la producción. 2. Se cuenta con el departamento de servicios ambientales que vela por el desarrollo, aprovechamiento y fortalecimiento de los recursos naturales de la empresa. 3. Tecnología a la vanguardia utilizada para la producción. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diversificar las actividades (administración, protección, manejo). 2. Existe un programa de incentivo forestal PINFOR. 3. Grandes extensiones de plantaciones forestales, por ende crecimiento de flora y fauna, con potencial eco turístico, demanda de productos forestales y servicios ambientales.
DEBILIDADES	AMENAZAS
<ol style="list-style-type: none"> 1. Falta de personal laboral en el departamento de servicios ambientales. 2. Plagas y enfermedades en las plantaciones. 3. Falta de una estrategia general (planes de Manejo forestal) para la comercialización y aprovechamiento de los recursos forestales de la institución. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Incendios forestales durante la época de verano. 2. Falta de protección y sostenibilidad de los recursos suelo, agua, fauna y bosque. 3. Altos niveles de contaminación que impacta directa y negativamente en la calidad ambiental y salud humana.

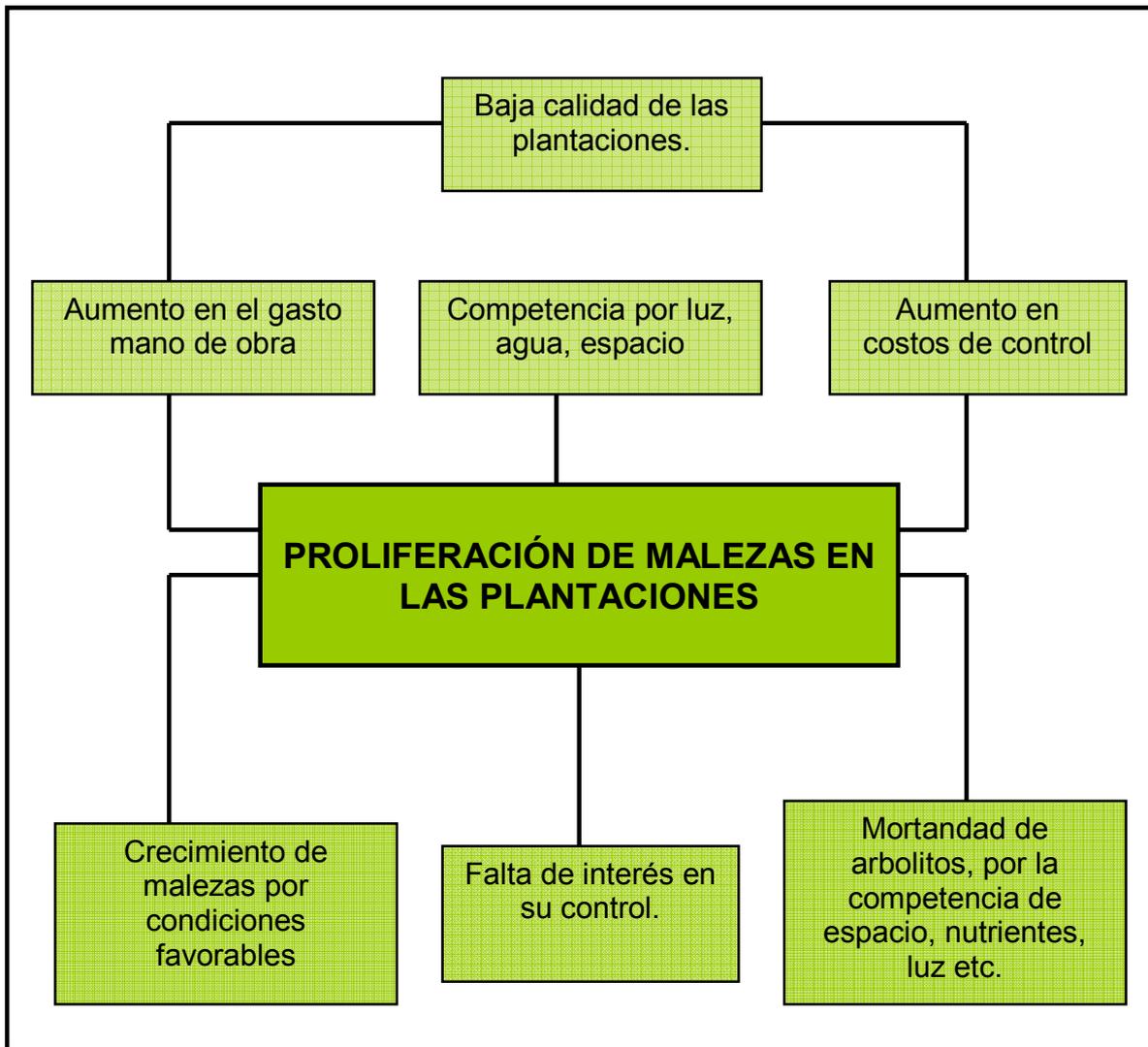
1.5.6 PRIORIZACIÓN DE PROBLEMAS

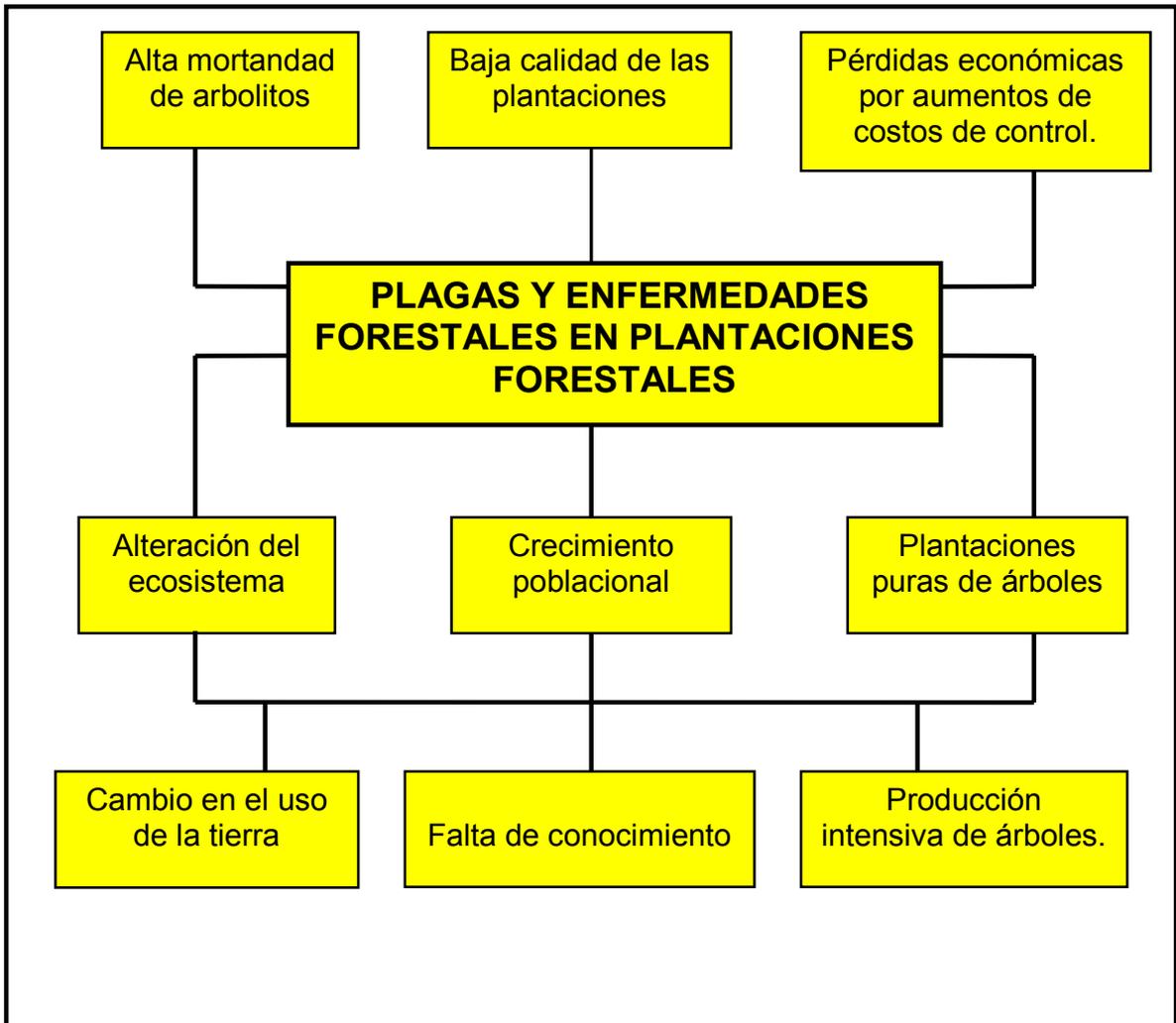
Cuadro 1.6. Priorización de Problemas

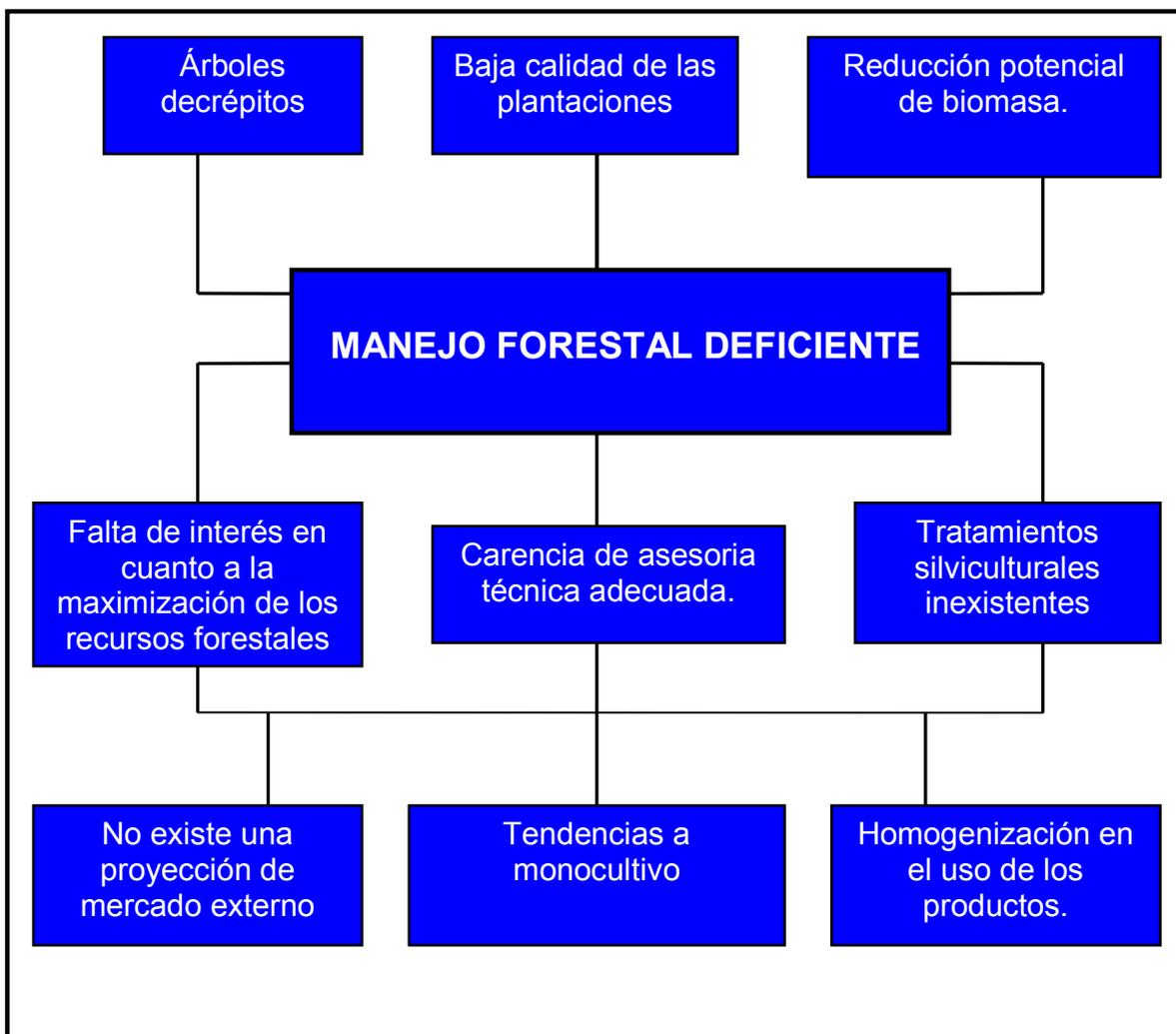
Valorización 0 - 10					
No.	Criterio Problema	AMBIENTAL	ECONÓMICO	ADMINISTRATIVO	TOTAL
1.	Proliferación de Malezas	10	10	10	30
2.	Plagas y enfermedades	9	10	10	29
3.	Falta de Manejo Forestal	10	8	10	28
4.	Mortandad de arbolitos	7	10	10	27
5.	Falta de Inventario forestal	6	5	8	19

1.5.7 ANÁLISIS CAUSA Y EFECTO DE LA PROBLEMÁTICA

Las causas de los problemas se localizan abajo de los mismos y sus efectos en la parte de arriba a través de los siguientes árboles de problemas:







1.5.8 DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

- **PROLIFERACION DE MALEZAS**

El control de malezas es una de las prácticas importantes en el manejo del cultivo, ya que si no existe un buen control de las mismas pueden reducirse la producción hasta el 50% de su potencial productivo en determinado suelo. Las plantaciones forestales no es la excepción. Ya que estas se encuentran en ambientes que favorecen la proliferación de las malezas, las cuales están asociadas a condiciones de clima y suelo favorables.

Las malezas ejercen competencia para el desarrollo de las plantaciones, principalmente en el período de su establecimiento, pues existe una alta tasa de mortandad pues estas plantas no deseables envuelven e inhiben el crecimiento de los arbolitos, hasta lograr la muerte (bajo rendimientos), e interfieren con la realización de labores como el riego, la fertilización y el combate de plagas y enfermedades; también las malezas crean condiciones favorables para el albergue plagas, culebras que constituyen un riesgo eminente para los trabajadores.

Si éstas, no se controlan adecuadamente pueden causar disminución en los rendimientos por ello es que se justifica su control, además de incrementar los costos de producción.

El éxito del control de malezas, depende del conocimiento de las especies infestantes, la selección del método o combinación de métodos de control. De allí la importancia de establecer ensayos que permitan conocer las especies predominantes así como los métodos de control prácticos, efectivos y económicamente rentables para lograr reducir la incidencia de las malezas y favorecer la producción por unidad de área.

- **PLAGAS Y ENFERMEDADES**

Debido a la gran variabilidad de DAP en la especie *Eucalyptus sp.* en ambas fincas, es común encontrar plagas tales como:

Taltuza (*Pappogeomys sp*) debido a que anteriormente la finca “Eminencia” se encontraba cubierta de cafetales, este animal encontró un hospedaje ideal, pero al cambiar el uso de la tierra no tuvo más que adecuarse y por ello inicio a alimentarse de las plántulas para subsistir ocasionando un desequilibrio poblacional con la masa boscosa actual.

Zompopos (*Atta sp.*) y Hormigas (Formocidae) como en toda plantación inicial estos defoliadores resultan ser nocivos para el desarrollo fenológico ya que ocasionan la muerte por reducción del área fotosintética en plántulas.

En cuanto a las enfermedades se logra apreciar que debido a una alta densidad poblacional se crea un estrés entre los árboles los cuales no logran desarrollarse bien y al momento de existir fuertes lluvias con viento llegan hasta quebrar los ápices creando así un micro hábitat adecuado para el ataque de hongos patógenos que ocasionan la pudrición de la madera.

- **MANEJO FORESTAL**

El manejo forestal es ausente en estas fincas debido a que la empresa únicamente le interesa la producción de chips (leña) por lo que no se aprecia ningún interés por obtener productos tales como trozas, postes, etc. que se logran después de prácticas silviculturales acertadas y recomendadas dentro de los planes de manejo forestal. Cabe destacar que la empresa genera servicios ambientales tales como fijación de carbono, belleza escénica, mantenimiento de bosques de galerías y refugio de vida silvestre.

- ***MUERTE DE ARBOLITOS***

Básicamente se da debido al aparecimiento de las taltuzas, zompopos, hormigas y la proliferación de las malezas, en donde cada problemática ya se describió anteriormente.

- ***INVENTARIO FORESTAL***

No se cuenta con un registro exacto anual de cada hectárea sembrada, por lo que se desconoce las principales variables dasométricas que son de suma importancia para lograr la autosustentabilidad de las plantaciones.

1.5.9 SOLUCIONES POTENCIALES DE LA PROBLEMÁTICA

PROLIFERACION DE MALEZAS

- Evaluar diferentes tratamientos de herbicidas, para así poder tener una mezcla capaz de controlar y disminuir las malezas presentes en las plantaciones.
- Procurar que en el momento de plantar una nueva hectárea, esté lo suficientemente limpio el lugar.
- Controlar más detalladamente los métodos de propagación de las malezas.

MONITOREO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

- Por medio de inspecciones periódicas en las plantaciones, tomar datos, muestreos, y analizar las plagas en laboratorio, determinarlas y con ello brindar un manejo y control de las mismas.

MANEJO FORESTAL

- Inventario forestal: Crear registros anuales de crecimiento, para así poder conocer el incremento diamétrico, área basal, volumen, etc.
- Lograr elaborar planes de manejo forestal en ambas fincas.

Entre posibles soluciones alternas se hace necesario crear una conciencia forestal en los trabajadores, así como ampliar las expectativas de mercado para las plantaciones, evaluando los bienes y sus posibles beneficios tanto en la venta de productos y subproductos, además se debe de prestar atención a los servicios que proporcionan los bosques tanto al ser humano como al medio ambiente (fijación de carbono, conservación de mantos acuíferos, etc.)

1.6. CONCLUSIONES

- Queda en evidencia que la gran área abarcada por las fincas tiene potencial cultivable para árboles, debido a la buena calidad de suelos que presenta por tener materiales jóvenes, buenos drenajes y gran capacidad de intercambio catiónico. Además, la flora y fauna es muy notable, ya que las masas boscosas representan un lugar idóneo para el desarrollo de la vida.
- Entre los principales problemas que poseen las fincas bajo estudio dentro de sus plantaciones destacan: proliferación de malezas, incidencia de plagas y enfermedades, carencia de planes de manejo forestal.
- No se cuenta con un inventario forestal que indique la superficie cubierta por cada especie dentro de cada plantación.
- Existe un subuso por parte de los propietarios en cuanto a aprovechamiento forestal.
- No existen controles de plagas y enfermedades dentro de cada plantación.

1.7. RECOMENDACIONES

1. Proporcionar al estudiante equipo de oficina apropiado y herramientas de trabajo necesarias que permitan el desarrollo de las actividades durante la practica supervisada (EPS).
2. Crear programas fitosanitarios para el cuidado de ataques de plagas y enfermedades a las plantaciones.
3. Contratar los servicios de un asesor o técnico forestal capacitado para la elaboración del plan de manejo, así como personal calificado para su ejecución y mantenimiento.
4. Crear un mercado de productos forestales tales como venta de madera (leña), trozas, aceites esenciales, etc., según los canales de comercialización establecidos en la zona.

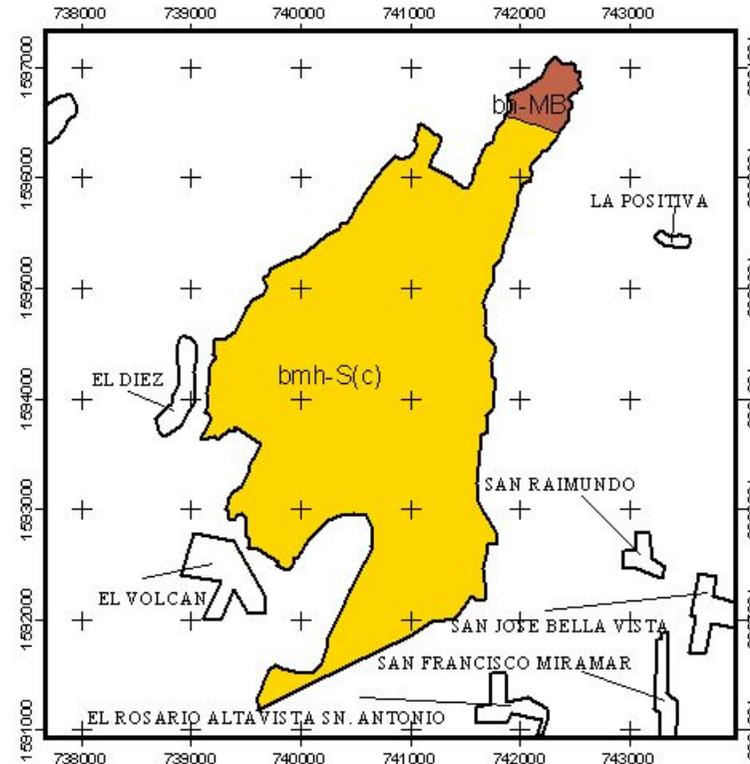
1.8 BIBLIOGRAFÍA

1. Cruz S, JR De la. 1981. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento: sistema Holdridge. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
2. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1976. Mapa topográfico de la republica de Guatemala: hoja Escuintla, no. 2058-IV. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
3. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2005. Listado de plantaciones del PINFOR 2005. Guatemala. 28 p.
4. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2006. Programa de incentivos forestales (PINFOR) (en línea). Guatemala. Consultado 4 abr 2006. Disponible en <http://www.inab.gob.gt>
5. Inforpressca, GT. 2006. Municipio de Escuintla (en línea). Guatemala. Consultado 10 set 2006. Disponible en www.inforpressca.com/municipal/mapas.web/escuintla/escuintla.php
6. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2003. Mapa de cobertura y uso de la tierra. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
7. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2006. Mapa de cuencas hidrográficas, finca Cristalinas. Guatemala. Esc.1:92,000. Color.
8. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2006. Mapa de curvas a nivel, finca Cristalinas. Esc.1:92,000. color. Guatemala.
9. _____. 2006. Mapa de curvas a nivel, finca Eminencia. Guatemala. Esc.1:55,000. Color.
10. _____. 2006. Mapa de geología, finca Cristalinas. Guatemala. Esc.1:92,000. Color.
11. _____. 2006. Mapa de Geología, finca Eminencia. Guatemala. Esc.1:55,000. Color.
12. _____. 2006. Mapa de serie de suelos, finca Cristalinas. Guatemala. Esc.1:92,000. Color.
13. _____. 2006. Mapa de serie de suelos, finca Eminencia. Guatemala. Esc.1:55,000. Color.
14. _____. 2006. Mapa Fisiográfico, finca Cristalinas. Guatemala. Esc.1:92,000, Color.

15. _____. 2006. Mapa fisiográfico, finca Eminencia. Guatemala. Esc.1:55,000. Color.
16. _____. 2006. Mapa de cuencas hidrográficas, finca Cristalinas. Guatemala. Esc.1:55,000. Color.
17. _____. 2006. Mapa de cuencas hidrográficas, finca Eminencia. Guatemala. Esc.1:55,000. Color.
18. _____. 2006. Mapas temáticos digitales de la república de Guatemala: capacidad de uso de la tierra finca Cristalinas, Siquinalá, Escuintla. Guatemala. Esc.1:92,000. Color. 1 CD.
19. _____. 2006. Mapas temáticos digitales de la república de Guatemala: capacidad de uso de la tierra de la finca Eminencia, Escuintla. Guatemala. Esc.1:92,000. Color. 1 CD.
20. MINECO (Ministerio de Economía, GT). 2007. Departamentos de Escuintla (en línea). Guatemala. Consultado 4 abr 2007. Disponible en: www.mineco.gob.gt/mineco/análisis/departamentos/escuintla.pdf
21. Oficina Municipal de Planificación, Siquinalá, Escuintla. GT. 2006. Monografía general de Siquinalá: Escuintla. Guatemala, Municipalidad de Siquinalá. 90p.
22. Pantaleón, S.A., GT. 2000. Memoria técnica. Siquinalá, Escuintla, Guatemala, Ingenio Pantaleón, Departamento Forestal. 60 p.
23. Rodríguez Lara, R. 1982. Plagas forestales y su control en México. Chapingo, México, Universidad Autónoma Chapingo. 156 p.
24. Simmons, CS; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. 1,000 p.

1.9 ANEXOS

MAPA DE ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE FINCA EMINENCIA



Fuente: CATIE-ESPRED E



Pantaleon

Proyección Universal Transversal Mercator
Elipsoide de Clarke 1866, Datum NAD 27, Zona 15 N
Escala: 1:55,000

3 0 3 6 Kilómetros

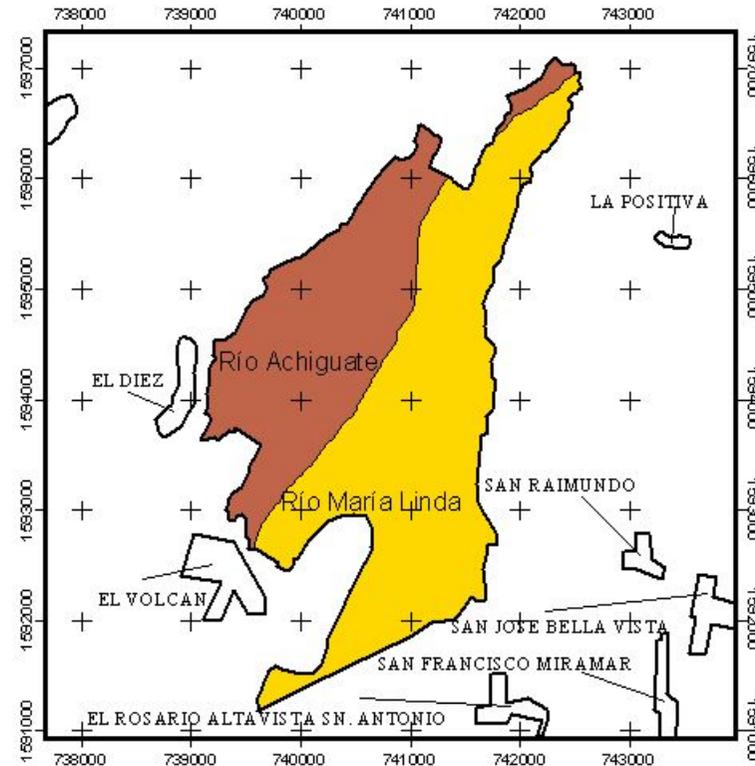
□ Límite de la Finca

Zonas de Vida

■ bh-MB (Bosque Húmedo Montano Bajo)

■ bmh-S(c) (Bosque Muy Húmedo Subtropical Cálido)

MAPA DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS FINCA EMINENCIA



Fuente: CATIE-ESPRED E



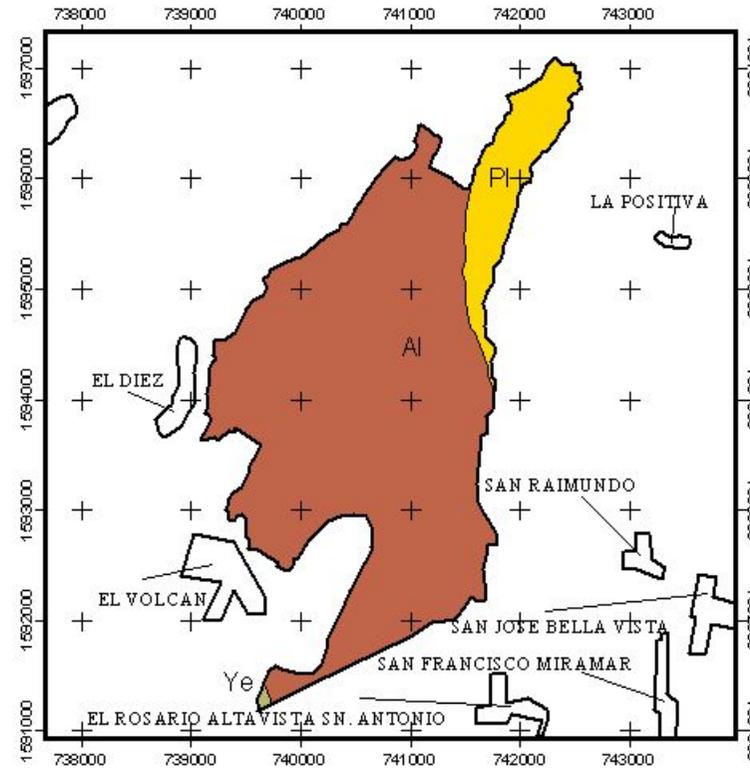
Pantaleon

Proyección Universal Transversal Mercator
Elipsoide de Clarke 1866, Datum NAD 27, Zona 15 N
Escala: 1:55,000

3 0 3 6 Kilómetros

- Límite de la Finca
- Cuencas Hidrográficas
- Río Achiguate
- Río María Linda

MAPA DE SERIES DE SUELOS FINCA EMINENCIA

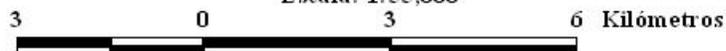


Fuente: CATIE-ESPRED E



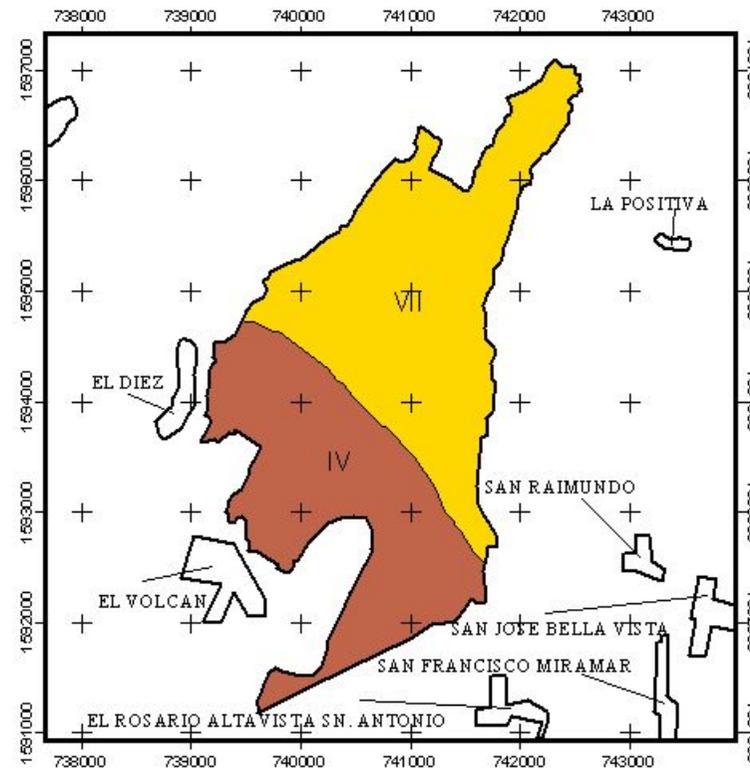
Pantaleon

Proyección Universal Transversal Mercator
Elipsoide de Clarke 1866, Datum NAD 27, Zona 15 N
Escala: 1:55,000



-  Limite de la Finca
- Series de Suelos
-  Al (Alotenango)
-  PI (Palín)
-  Ye (Yepocapa)

MAPA DE CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA FINCA EMINENCIA

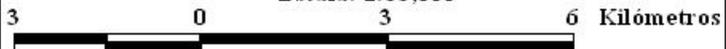


Fuente: CATIE-ESPRED E



Pantaleon

Proyección Universal Transversal Mercator
Elipsoide de Clarke 1866, Datum NAD 27, Zona 15 N
Escala: 1:55,000



▭ Límite de la Finca

Capacidad de Uso

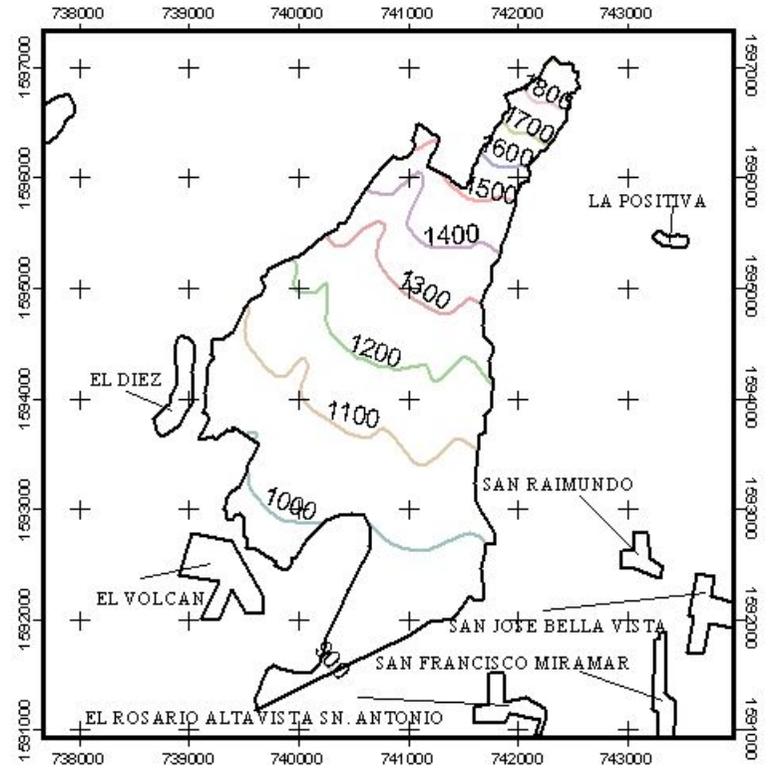
▭ IV

Tierras cultivables con severas limitaciones permanentes, con relieve ondulado a inclinado, aptas para pastos y cultivos perennes, requieren prácticas intensivas de manejo. Productividad de mediana a baja.

▭ VII

Tierras no cultivables, aptas solamente para fines de producción forestal, relieve quebrado con pendientes muy inclinadas

MAPA DE CURVAS A NIVEL FINCA EMINENCIA

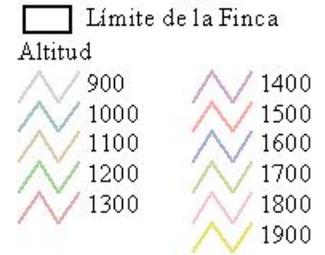
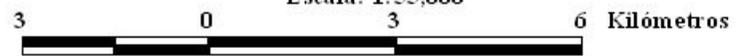


Fuente: CATIE-ESPRED E

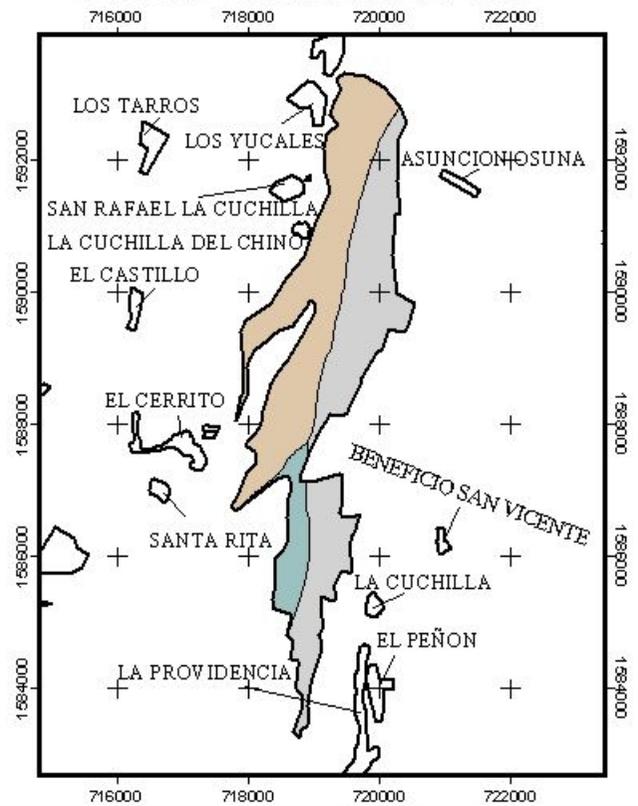


Pantaleon

Proyección Universal Transversal Mercator
Elipsoide de Clarke 1866, Datum NAD 27, Zona 15 N
Escala: 1:55,000



MAPA DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS FINCA CRISTALINAS

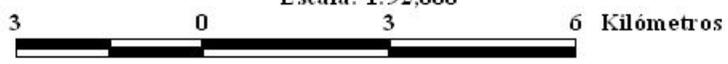


Fuente: CATIE-ESPRED E



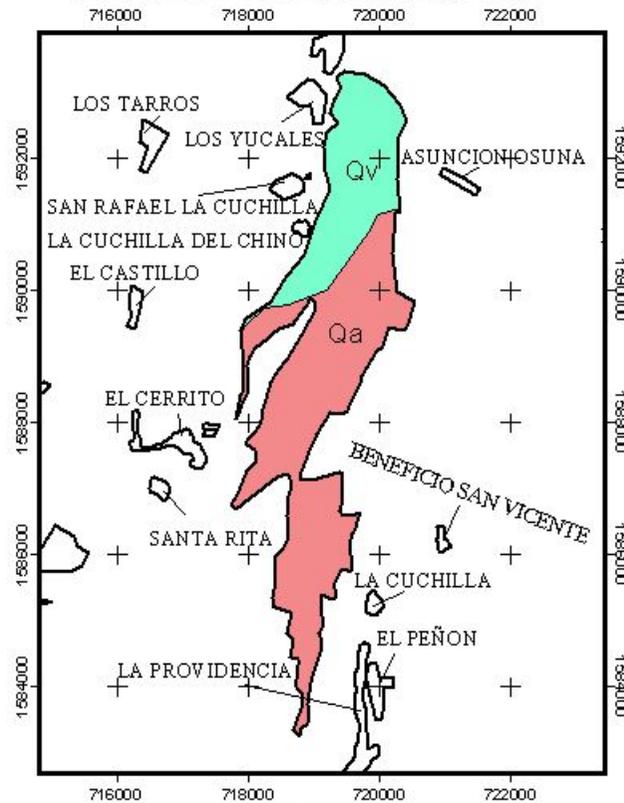
Pantaleon

Proyección Universal Transversal Mercator
Elipsoide de Clarke 1866, Datum NAD 27, Zona 15 N
Escala: 1:92,000



-  Limite de la Finca
- Cuencas**
-  Río Achiguate
-  Río Acomé
-  Río Coyolate

MAPA DE GEOLOGÍA FINCA CRISTALINAS



Fuente: CATIE-ESPRED E



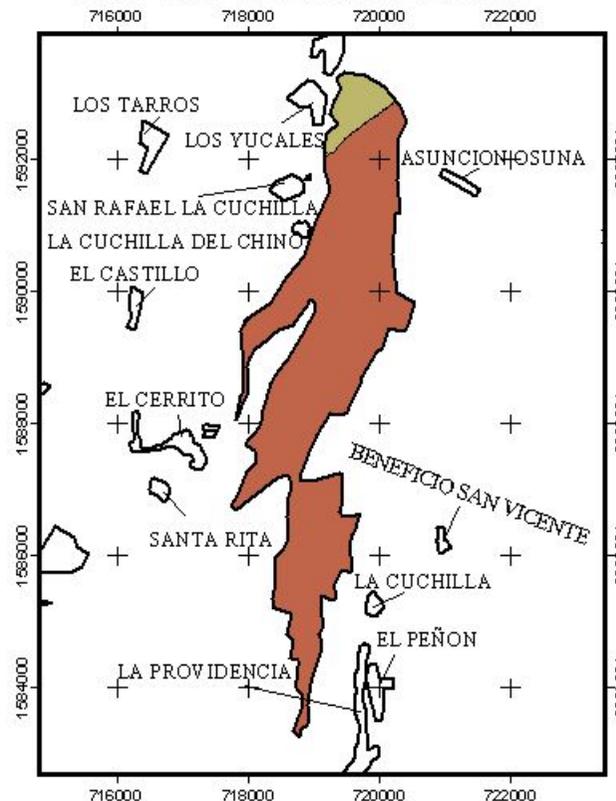
Pantaleon

Proyección Universal Transversal Mercator
Elipsoide de Clarke 1866, Datum NAD 27, Zona 15 N
Escala: 1:92,000



-  Limite de la Finca
- Geologia_cristalina.shp
-  Qa (Rocas Sedimentarias)
-  Qv (Rocas Igneas y Metamórficas)

MAPA DE REGIONES FISIGRÁFICAS FINCA CRISTALINAS

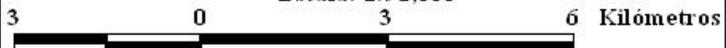


Fuente: CATIE-ESPRED E



Pantaleon

Proyección Universal Transversal Mercator
Elipsoide de Clarke 1866, Datum NAD 27, Zona 15 N
Escala: 1:92,000

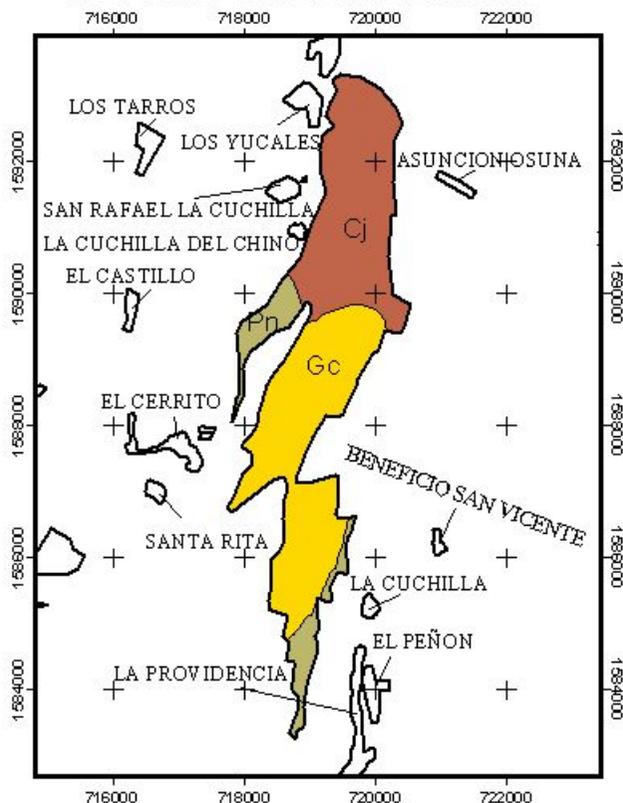


□ Límite de la Finca
Regiones Fisiográficas

■ Abanico Aluvial de los Ríos Coyolate - Acomé - Achiguate (parte del vertice)

■ Volcanes de Acatenango y Fuego

MAPA DE SERIES DE SUELOS FINCA CRISTALINAS

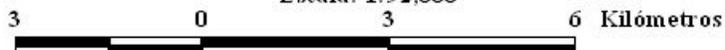


Fuente: CATIE-ESPRED E



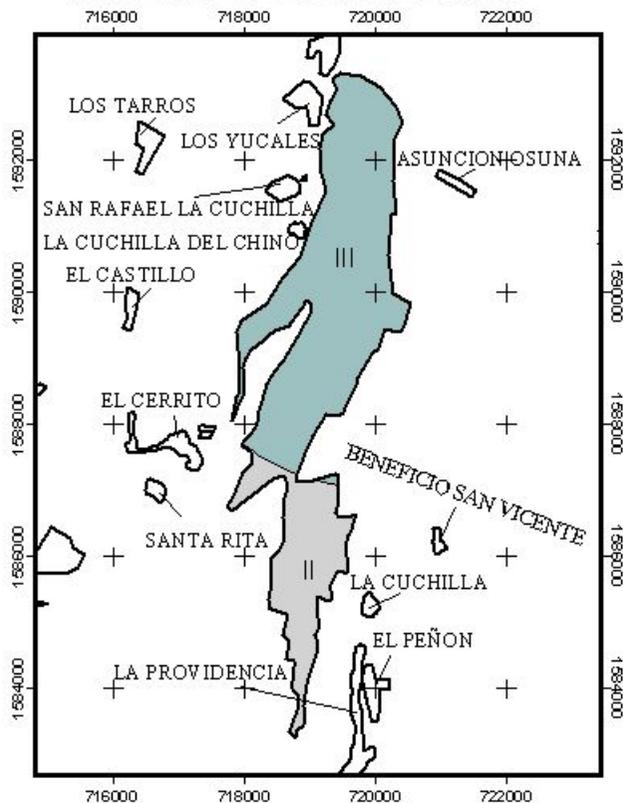
Pantaleon

Proyección Universal Transversal Mercator
Elipsoide de Clarke 1866, Datum NAD 27, Zona 15 N
Escala: 1:92,000



- Límite de la Finca
- Suelos**
- Cj (Colojate)
- Gc (Guacalate)
- Pn (Panán)

MAPA DE CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA FINCA CRISTALINAS

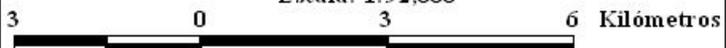


Fuente: CATIE-ESPRED E



Pantaleon

Proyección Universal Transversal Mercator
Elipsoide de Clarke 1866, Datum NAD 27, Zona 15 N
Escala: 1:92,000



 Límite de la Finca
Capacidad de Uso

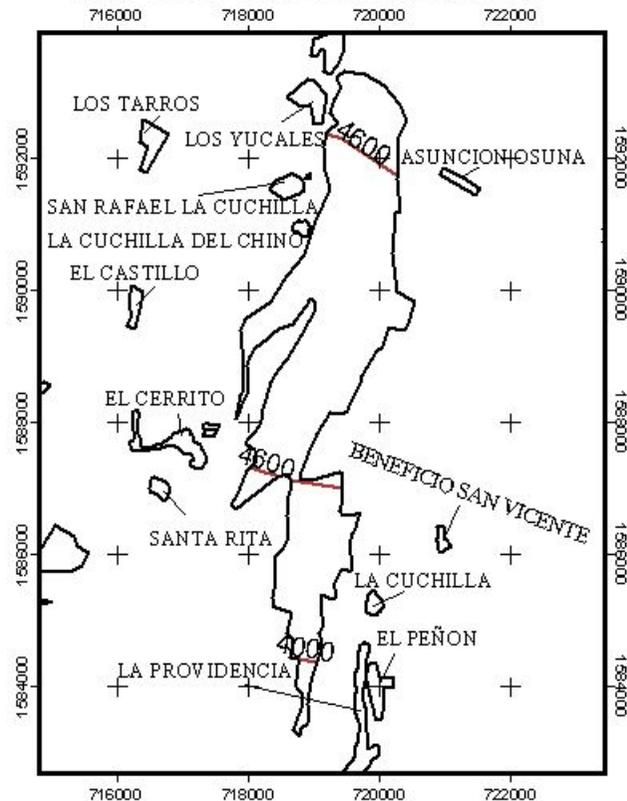
 II

 III

Tierras cultivables con pocas limitaciones, aptas para cultivo bajo riego, relieve plano, ondulado o suavemente inclinado, alta productividad de manejo moderadamente intensivo

Tierras cultivables, tienen medianas limitaciones para producción agrícola, aptas para cultivos en riegos y cultivos muy rentables relieve plano a ondulado o suavemente inclinado, productividad mediana con prácticas intensivas de manejo

MAPA DE PRECIPITACION PROMEDIO ANUAL FINCA CRISTALINAS



Fuente: CATIE-ESPRED E



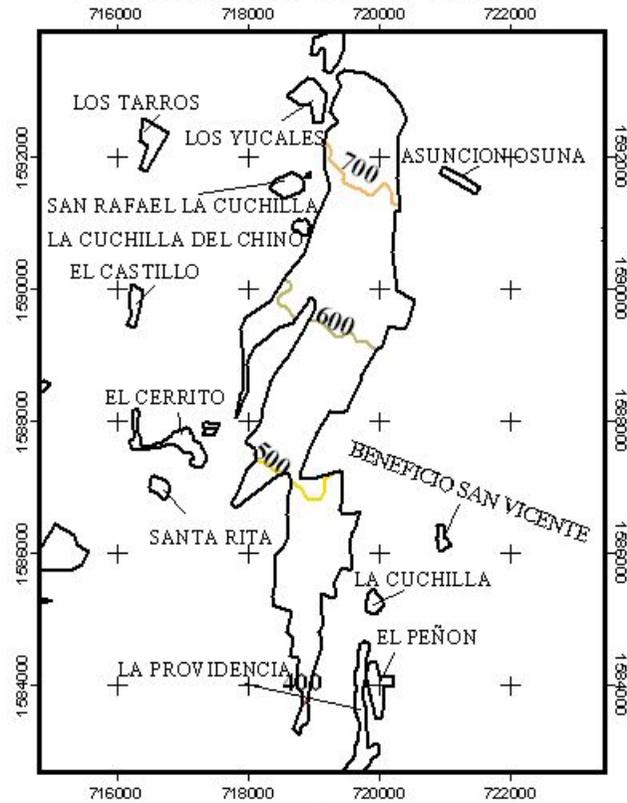
Pantaleon

Proyección Univer sal Transversal Mercator
Elipsoide de Clarke 1866, Datum NAD 27, Zona 15 N
Escala: 1:92,000



-  Limite de la Finca
-  Precipitación Promedio Anual (mm)

MAPA DE CURVAS A NIVEL FINCA CRISTALINAS

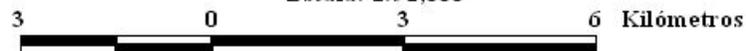


Fuente: CATIE-ESPRED E



Pantaleon

Proyección Universal Transversal Mercator
Elipsoide de Clarke 1866, Datum NAD 27, Zona 15 N
Escala: 1:92,000



-  Limite de la Finca
- Curvas a nivel cada 100 metros
-  400
-  500
-  600
-  700

CAPÍTULO II. INVESTIGACIÓN. ESTIMACIÓN DE BIOMASA Y CONTENIDO DE CARBONO EN LAS PLANTACIONES DE *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, EN EL MUNICIPIO DE SIQUINALÁ DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA, GUATEMALA

BIOMASS ESTIMATION AND CARBON CONTENT IN PLANTATIONS OF *Eucalyptus camaldulensis* Dehnn, IN SIQUINALÁ, ESCUINTLA, GUATEMALA.

2.1. PRESENTACIÓN

La generación y emisión de diversos gases a la atmósfera como resultado de la quema de combustibles fósiles (petróleo, gas, carbón) procesos industriales y otros, acompañado con la reducción de la masa boscosa, han ocasionado desequilibrio en los ecosistemas.

La incidencia de estos gases ha contribuido al efecto invernadero, el cual consecuentemente induce a un calentamiento del planeta, un cambio de los ciclos hidrológicos, aumento del volumen hídrico líquido, repercutiendo en inundaciones, sequías, elevación de las temperaturas, pérdida de la biodiversidad, propagación de plagas y proliferación de enfermedades, todas ellas atentando contra la vida en general.

A raíz de esta situación, expertos de diferentes países se han reunido para discutir estos temas dando origen a acuerdos, tratados y convenios, con el objetivo de reducir las emisiones de los gases de efecto invernadero a la atmósfera para contrarrestar los cambios negativos al medio ambiente.

Uno de estos convenios fue el de la Cumbre de la Tierra en 1992, posterior a ello se realizó la Convención Marco sobre Cambios Climáticos. En este convenio los gobiernos participantes aceptaron, como primer paso, rebajar sus emisiones de gases causantes del efecto invernadero, hasta los niveles de 1990, de aquí al año 2000. Pero debido a la globalización, en la mayoría de casos no se cumple, es por ello que se reunieron nuevamente en Kyoto, Japón en 1997 para analizar los informes científicos sobre cambios climáticos y acordar medidas adicionales (12).

El protocolo de Kyoto establece que los países desarrollados se comprometen a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en un 5.2% de la media, en el periodo de 2008-2012 respecto a los niveles de 1990 (12).

Debido a estos acuerdos internacionales, a nivel mundial se ha visto un incremento por el pago de los servicios ambientales de los bosques con el propósito de incentivar el manejo adecuado de los mismos, adicionalmente esto ha permitido un leve aumento en cobertura forestal. Y con la idea de minimizar el impacto del efecto invernadero, a nivel mundial se ha motivado la plantación de árboles en grandes áreas, para reducir las emisiones netas de carbono provenientes de la deforestación. Por lo cual se justifica establecer plantaciones forestales, para la producción de madera industrial, protección de áreas, la recuperación de tierras degradadas o para el fortalecimiento de prácticas agroforestales, que contribuyen a contrarrestar el efecto invernadero.

En el caso particular de Guatemala, existe poca información en cuanto a estimación de biomasa y cuantificación de carbono, por ello se ve la necesidad de efectuar estudios de fijación y cuantificación de carbono provenientes de las masas forestales y así obtener información valiosa y confiable, generando así soluciones económicas y ambientales a través de proyectos forestales, además de obtener grandes beneficios de la misma.

En la presente investigación se realizó la estimación de biomasa total arriba del suelo en plantaciones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnn de 4, 6, 8 ,15 años. Se generó el modelo matemático para estimar la biomasa, se determinó el índice o factor de expansión, y finalmente se obtuvo el carbono fijado por cada plantación, así como por cada componente arbóreo. Contribuyendo así al desarrollo forestal, económico e industrial de nuestro país.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1.1 Definiciones

A. El carbono

Según el Instituto Nacional de Ecología -INE- de México (2005) (18) en la naturaleza el carbono se halla por doquier: en el agua bajo la forma de compuestos carbónicos disueltos (los carbonatos), y en el aire como dióxido de carbono o anhídrido carbónico. Todos los organismos vivos están constituidos por compuestos de carbono, que obtienen como resultado de sus procesos metabólicos realizados durante su crecimiento y desarrollo, y que son liberados cuando éstos mueren. Aproximadamente, el 50% del peso seco de cualquier organismo lo constituye este elemento, por lo que es uno de los más importantes de la vida.

El ciclo del carbono comienza con la fijación del anhídrido carbónico atmosférico a través de los procesos de la fotosíntesis, realizada por las plantas y ciertos microorganismos. En este proceso, el anhídrido carbónico y el agua reaccionan para formar carbohidratos y liberar oxígeno en forma simultánea, que pasa a la atmósfera. Parte de los carbohidratos se consumen directamente para suministrar energía a la planta, y el anhídrido carbónico así formado se libera a través de sus hojas o de sus raíces. Otra parte es consumida por los animales, que también respiran y liberan anhídrido carbónico. Las plantas y los animales mueren y son finalmente descompuestos por microorganismos del suelo, lo que da como resultado que el carbono de sus tejidos se oxide en anhídrido carbónico y regrese a la atmósfera (18).

B. Biomasa y fijación de carbono por las plantas

El CO₂ atmosférico es incorporado a los procesos metabólicos de las plantas mediante la fotosíntesis. Este CO₂ participa en la composición de todas las estructuras necesarias para que el árbol pueda desarrollarse (follaje, ramas, raíces y tronco).

Al crecer, éste incrementa su follaje, ramas, flores, frutos y yemas de crecimiento (que en su conjunto conforman la copa) así como su altura y el grosor de su tronco.

La copa necesita espacio para recibir energía solar sobre las hojas, lo que da lugar a que las copas de los árboles compitan por esta energía. Esto origina, a su vez, un dosel cerrado. Los componentes de la copa aportan materia orgánica al suelo, que al degradarse se incorpora paulatinamente y da origen al humus estable, éste, a su vez, aporta nuevamente CO_2 al entorno (18).

Simultáneamente, los troncos al ir aumentando su diámetro y altura alcanzarán un tamaño aprovechable en términos comerciales, pudiéndose extraer productos como tablas, tablones y polines, que darán origen a subproductos elaborados, como muebles y casas. Estos productos finales tienen un tiempo de vida determinado, después del cual se degradan aportando CO_2 al suelo y/o a la atmósfera.

Durante el tiempo en que el CO_2 se encuentra constituyendo alguna estructura del árbol y hasta que es enviado nuevamente al suelo o a la atmósfera, se considera almacenado. En el momento de su liberación (ya sea por la descomposición de la materia orgánica y/o por la quema de la biomasa) el CO_2 fluye para regresar al ciclo del carbono (18).

C. La captura unitaria de carbono

Para definir la captura unitaria de carbono se estima el carbono contenido en diferentes almacenes (que pueden ser emitidos o ahorrados, según Masera, 1995). Estos almacenes incluyen:

C_v = carbono contenido en la vegetación;

C_d = carbono contenido en la materia orgánica en descomposición;

C_s = carbono contenido en los suelos;

C_p = carbono contenido en productos forestales (muebles, papel) y

C_f = carbono ahorrado por no utilizar combustibles fósiles (proyectos bioenergéticos).

c.1. Carbono en vegetación (CV)

El carbono en vegetación es la suma del contenido en la biomasa aérea y la que se halla en la biomasa de las raíces. La biomasa aérea comprende el tronco, las hojas, las ramas y el follaje, mientras que el carbono contenido en las raíces es definido como biomasa de las raíces (18).

c.2. Carbono en descomposición (CD)

Es el contenido en la materia orgánica que se encuentra en proceso de descomposición; es originada cuando las estructuras vegetales como las hojas, las ramas o el tronco son depositadas en el suelo (18).

c.3. Carbono en el suelo (CS)

Es el carbono contenido en las capas que conforman el suelo forestal. Se origina por la fragmentación de la roca madre meteorizada por el establecimiento de un organismo vegetal que con el tiempo forma capas por depósitos de materiales. Al irse acumulando éstas y compactando, almacenan una cierta cantidad de carbono, misma que aumentará por la continuidad del proceso de formación del suelo (18).

2.2.1.2 CUANTIFICACIÓN DE CARBONO

A. Biomasa arriba del suelo

De acuerdo a la Fundación Solar (2000) (10) la biomasa arriba del suelo está compuesta por los árboles, la vegetación arbustiva y la vegetación herbácea. Estos componentes de la biomasa se muestrean en parcelas de proporciones acordes a cada tipo de vegetación. Es muy importante hacer notar que el componente más importante de esta fuente son los árboles. En las experiencias de Fundación Solar, la maleza, por su muy baja contribución en términos de fijación, puede dejar de muestrearse. Esto es una decisión del equipo técnico, pero como una recomendación, a menos que el sistema a evaluar tenga un componente fuerte de vegetación herbácea, no es necesario muestrear este componente.

B. Biomasa abajo del suelo

La biomasa abajo del suelo se refiere a las raíces de la vegetación del ecosistema estudiado. Un método sencillo es estimar muy conservativamente este valor, basado en valores ya existentes o calculando un porcentaje de la biomasa arriba del suelo. Sin embargo hay varias situaciones en la que es posible medirla y resulta importante y costo efectivo (10).

C. Hojarasca y materia vegetal muerta

La hojarasca y otra materia vegetal muerta se refieren a vegetación que se encuentra en proceso de descomposición. Esta fuente de biomasa se mide de dos maneras. La hojarasca en sí, se colecta del suelo, en el área de la parcela donde se midió la vegetación herbácea, teniendo cuidado de colectar toda la capa de materia en descomposición incluyendo el humus y materia vegetal muerta que no esté en proceso de descomposición aún. La otra materia vegetal muerta se refiere, más que todo, a árboles muertos ya sea en pie o caídos. Los árboles muertos en pie o caídos se deben medir en las parcelas correspondientes a los diámetros respectivos de árboles vivos. A estos árboles se les debe medir el DAP y la altura. Si están caídos se deben medir dos diámetros en el tronco (en los extremos) y la longitud. Estos valores después se utilizan para calcular biomasa usando la ecuación de volumen de un cilindro y la densidad de la madera. De esta fuente de carbono, los troncos son el mayor contribuyente a los sumideros y por lo tanto se debe poner mucho cuidado en estas mediciones (10).

D. Suelos

Al medir el suelo se busca identificar cuál es el contenido de carbono en los primeros 30 cm. de profundidad. Para esto se utiliza una muestra para determinar materia orgánica y densidad aparente que permiten calcular carbono orgánico por unidad de área. Los suelos son importantes fijadores a largo plazo. Se ha encontrado que el cambio de uso de la tierra de bosque a agricultura puede reducir a la mitad el carbono fijado en esta fuente en tan sólo 10 años de cultivos continuos (10).

2.2.2 MARCO REFERENCIAL

2.2.2.1 DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE FORESTAL DE ESTUDIO

Género:	<i>Eucalyptus</i>
Especie:	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.
Nombre común:	Eucalipto

A. Distribución geográfica

Es uno de los eucaliptos más utilizados para forestación fuera de su lugar de origen (especie originaria de Australia; introducida en Chile a fines del siglo XIX y cultivada en forma más amplia a partir de los años 60). Ha sido cultivado de modo intensivo y por largo tiempo en las regiones áridas de África, particularmente en Sudán. En América Latina, existen interesantes experiencias en Bolivia, Colombia, Brasil, en diferentes avances de investigación (9).

B. Descripción botánica

- Como se puede observar en la figura 2.1, *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh es un árbol verde, la altura del árbol es de 25-50 m, el tronco es bastante torcido, las copas tienen la tendencia de ser ralas.
- Tipo de corteza: tipo *red gum*, de lisa a placas.
- Hojas juveniles: aovadas a anchamente lanceoladas, pecioladas; y pecíolos angulares.
- Hojas adultas: pecioladas, lanceoladas, delgadas y pendientes.
- Los frutos son cápsulas leñosas de 5-8 mm, dehiscentes por 3-4 valvas excertas en la madurez.
- Semillas muy pequeñas y sin apéndices, las estériles son muy angostas.
- Las flores blanquizcas alcanzan hasta 1 cm de diámetro y se encuentran reunidas en número de 4-14 en pequeñas umbelas axilares.
- Madera: roja, textura cerrada, grano entrelazado u ondulado; dura, tendencia a torcerse con el secado.
- Densidad: de 980 kg/m³ y 1.005 kg/m³ en ejemplares adultos (9).

C. Diámetros

El crecimiento rápido y la productividad en términos de volumen son muy variables, pues dependen de condiciones de suelo riego y fertilización (9).

D. Texturas de suelos

Árbol muy adaptable y resistente a suelos pobres o degradados, con fertilidad media baja. Tolera ocasionalmente y por breve tiempo los terrenos inundados. No soporta bien los suelos de texturas muy pesadas y de escasa profundidad. Crece en suelos de profundidad moderada a delgados. En zonas semiáridas, pueden esperarse rendimientos de 8 a 12 m³/ha/año o hasta alrededor de 20 m³/ha/año en sitios de muy buena calidad y silvicultura intensiva.

E. Topografía

Crece desde el nivel del mar hasta altitudes próximas a los 600 m. No habita en zonas de altas montañas. Se recomienda efectuar la plantación en posiciones de ladera baja o de pie de monte, en lugares que a menudo no son aptos para la agricultura (9).

F. Precipitación

La especie muestra resistencia a períodos secos prolongados, de hasta 8 meses. Crece bajo precipitaciones anuales cercanas a 250 mm, aunque su mejor desarrollo lo alcanza en regímenes entre 700-1.250 mm. En regímenes de lluvia invernal crece bien con 400 mm de precipitación anual, en tanto que en climas con lluvias estivales el requerimiento mínimo de precipitación es de 700 mm o bien con presencia de humedad en el subsuelo. Soporta temperaturas mínimas absolutas de hasta 6.7°C (9).

G. Plantación

Eucalyptus camaldulensis puede emplearse en plantaciones de alta densidad 3 x 3 m o 1.111 árboles/ha, siempre bajo condiciones de riego abundante o en posiciones de disponibilidad de humedad en el suelo. El distanciamiento no debiera ser inferior a 4 x 4 m.

Los tratamientos silviculturales son simples, especialmente manejado con ciclos de corta de pocos años, con el principal objetivo de producción de combustible luego de la primera cosecha a tala rasa. Las rotaciones pueden oscilar entre los 7-10 años para los mejores sitios, hasta los 14-15 años para sitios adversos (9).

H. Rendimientos

Bajo condiciones de preparación de suelo y control de malezas a la edad de 2 años, muestra entre el 87-94% de sobre vivencia, alturas entre 2.7-3.0 m, diámetros basales de 4.10 -4.8 cm. A la edad de 5 años, creciendo en suelos planos bajos, la altura media alcanzada es de 8,9 m y el diámetro basal medio de 8.6 cm.

I. Usos

La principal utilización de esta especie, es de interés energético o combustible, productora de carbón vegetal de buena calidad utilizado en la industria. Es empleada en la producción de tableros aglomerados, de fibra y de partículas.

Se ha utilizado en muchos países como cortinas rompevientos y árbol ornamental rústico de hilera y de protección al borde de canales y carreteras en zonas semiáridas.

Además de su utilidad para la producción de leña y carbón, es un buen árbol melífero. Los aceites esenciales contenidos en su follaje son utilizados en perfumería y por su contenido de taninos, en aplicaciones medicinales (9).



Figura 2.1. Aspecto general y detalle de flores, corteza de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

2.2.2.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS SITIOS DE MUESTRO

Como se puede observar en el Cuadro 2.1, *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh fue muestreado en las plantaciones, establecidas en las fincas; Las Margaritas y Cristalinas, cuya densidad de dichas plantaciones era de media a baja, debido a que la plantación ya ha sido aprovechada, además por el hecho de ser una plantación, se encontraron diámetros similares.

A. Ubicación, extensión, acceso

Las fincas se encuentran localizadas dentro de los límites del municipio de Siquinalá, departamento de Escuintla. La red vial de acceso a las fincas la constituye la carretera Interamericana CA-2, a 86 kilómetros de la ciudad de Guatemala, se encuentra ubicada la Finca Pantaleón, específicamente a 3 kilómetros noreste se encuentra la Finca Cristalinas. Y la Finca Las Margaritas se encuentra ubicada a 4 kilómetros sur del municipio de La Democracia, Departamento de Escuintla, como se aprecia en la Figura 2.2.

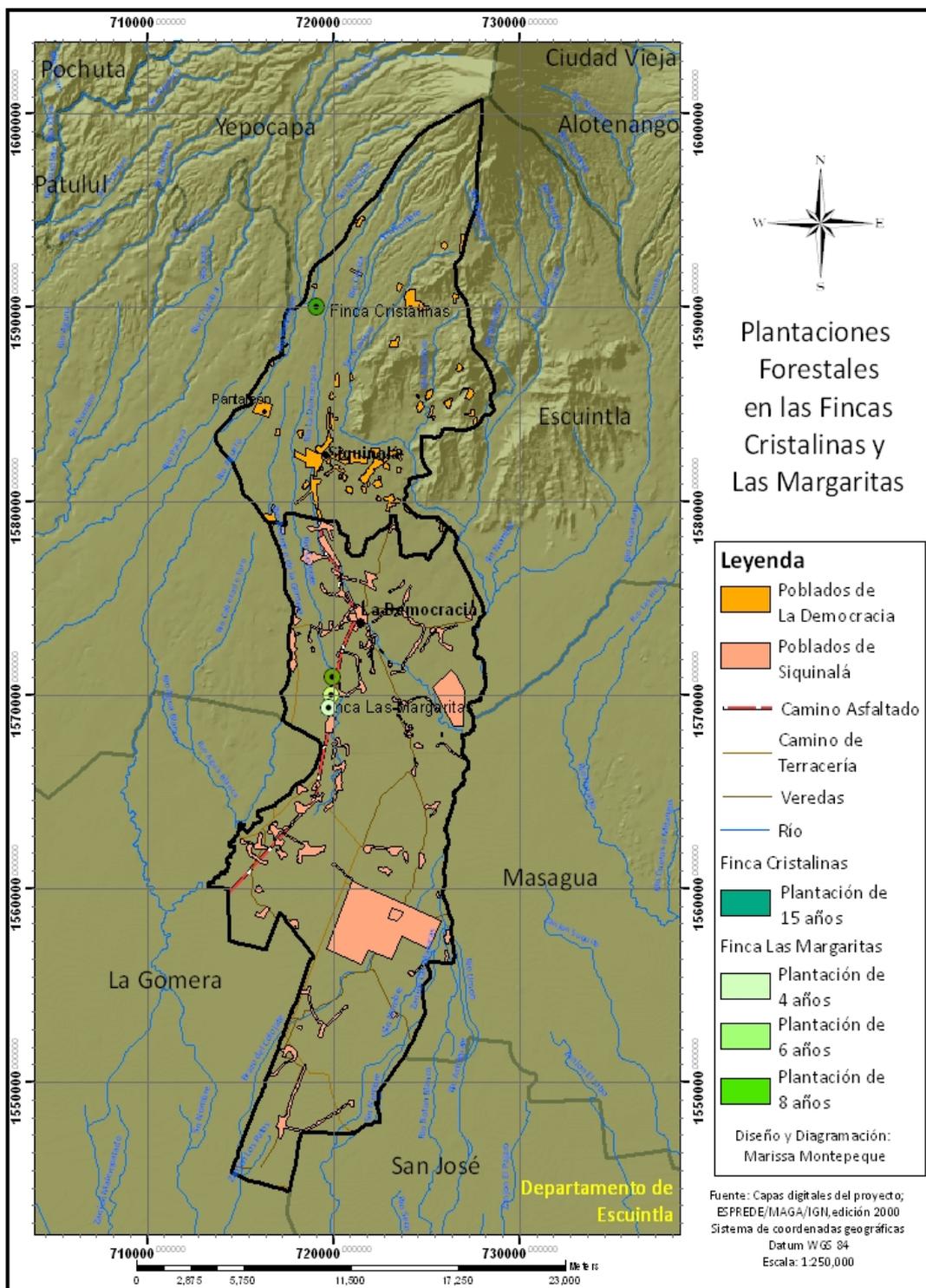


Figura 2.2. Ubicación geográfica de las plantaciones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

Cuadro 2.1. Características de los sitios de muestreo

Plantación (Finca)	Edad	Localización	Ubicación geográfica	Altitud (msnm)	Precipitación (mm/año)	T ^o media anual (°C)	Zona de vida Holdridge	Textura de Suelos	Pendiente (%)
Las Margaritas	4 años	Ingenio La Unión	Lat. 14 ^o 11' 05" Long. 90 ^o 57' 46"	130	2262	18.1 - 29.4	bmh-S(c)	Suelos francos arenosos, arcillosos.	2%
Las Margaritas	6 años	Ingenio La Unión	Lat. 14 ^o 11' 05" Long. 90 ^o 57' 46"	118	2262	18.1 - 29.4	bmh-S(c)	Suelos francos arenosos, arcillosos.	2%
Las Margaritas	8 años	Ingenio La Unión	Lat. 14 ^o 11' 05" Long. 90 ^o 57' 46"	127	2262	18.1 - 29.4	bmh-S(c)	Suelos francos arenosos, arcillosos.	2%
Cristalinas	15 años	Ingenio Pantaleón	Lat. 14 ^o 22' 432" Long. 90 ^o 58' 62"	611	3500	15 - 36	bmh-S(c)	Suelo franco arenoso.	4%

Fuente: consulta registros Ingenio La Unión, Estación Mangalito Ingenio Pantaleón.

2.2.2.3 ESTUDIOS SIMILARES REALIZADOS EN GUATEMALA

En Guatemala, se han hecho estudios sobre la fijación y la cuantificación de carbono en diferentes bosques naturales. Entre los inventarios de carbono se puede mencionar, el realizado por Fundación Solar en 1998, 1999 y 2000. Con la colaboración de la Universidad del Valle de Guatemala UVG, PROARCA/CAPAS donde se reportan valores de fijación de carbono, en toneladas por hectárea, en doce sistemas del uso del suelo. La recopilación del “Potencial de carbono y fijación de dióxido de carbono de la biomasa en pie por encima del suelo en bosques de la república de Guatemala” López (1998). El documento Elementos técnicos para inventarios de Carbono, por Fundación Solar (1999).

Morales (2000), realizó un estudio para generar una ecuación de biomasa en hule (*Hevea brasiliensis*), trabajo en plantaciones de la Costa Sur de Guatemala. Además se cuenta con otros estudios como “El inventario nacional de gases de efecto invernadero” junto con la “Primera comisión Nacional sobre el Cambio Climático” MARN (2001). Así mismo, se desarrolló el estudio sobre La evaluación del potencial de mitigación del sector forestal para el cambio climático en Guatemala, por Castellanos (2002).

Según Córdova (2002), en el estudio realizado sobre estimación de biomasa y carbono para *Pinus oocarpa* Schiede, *Pinus maximinoi* H.E Moore y *Pinus caribaea* Morelet Var Hondurensis en algunos bosques naturales de Guatemala, se creó un modelo general para la estimación de biomasa en coníferas ($Biomasa = e^{(1.737076 + 0.147573 \text{ DAP} + 0.082182 \text{ Altura}^2 - 0.00115 \text{ DAP}^2)}$), es el primero modelo creado con especies y condiciones de Guatemala, y presenta un coeficiente de determinación alto (95%), es un modelo confiable para estimar biomasa.

De acuerdo con Lee (2002), se estimó la biomasa total por encima del suelo en tres especies latifoliadas: *Vochysia guatemalensis*, *Calophyllum brasiliense* y *Cybistax donnell-smithii* en bosques naturales de Guatemala. Los modelos generados son exponenciales, se buscó el mejor modelo y se ajustó tomando en consideración el coeficiente de determinación como indicador.

Estos modelos son: Palo blanco *Cybistax donnell – smithii* (Biomasa = $e^{(1.469255 + 0.0009 \text{ DAP} + 0.470835 \text{ Altura} - 0.013751 \text{ altura}^2 + 0.000676 \text{ DAP}^2)}$), Santa Maria *Calophyllum brasiliense* (Biomasa = $e^{(3.8926 + 0.0325 \text{ DAP} + 0.06518 \text{ altura})}$), San Juan *Vochysia guatemalensis* (Biomasa = $e^{(4.420177 + 0.061182 \text{ DAP} - 0.134815 \text{ Altura} + 0.004806 \text{ altura}^2)}$), Latifoliadas (Biomasa = $e^{(3.852749 + 0.086911 \text{ DAP} - 0.042662 \text{ Altura} - 0.00406 \text{ D} + 0.002021 \text{ DAP}^2 + \text{ altura}^2)}$).

Además, Aguilar (2004) estimó el carbono fijado en plantaciones de *Pinus caribaea* var. hondurensis en función de su edad, en Livingston, Izabal, Guatemala. Donde obtuvo una biomasa de 7.78 a 535.48 kg, y un factor de expansión de biomasa de 1.2622. Se obtuvieron dos ecuaciones de biomasa, Ecuación 1: $y = 0.07035 D^{2.56}$ $R^2 = 0.93$ y Ecuación 2: $y = 0.02314 D^2 H - 3.3042$ $R^2 = 0.98$, respectivamente. El contenido de carbono total en las plantaciones es de 99 t C/ha, 112 t C/ha, 104 t C/ha, 118 t C/ha, 110 t C/ha, en las fincas de edades 8, 12, 13, 15, 16 respectivamente.

Quilo (2007) realizó la Estimación del Carbono Almacenado por el Sistema Agroforestal de Salvia (*Buddleia megalocephala*) y Papa (*Solanum tuberosum*), ubicado en el municipio de San José Ojetenam, San Marcos. Se estimó la biomasa y se generó 6 ecuaciones para estimar la biomasa, dos de ellas son las más aconsejables de utilizar; la primera está en función del diámetro cuadrado y la segunda en función del diámetro cuadrado y la altura. Ecuación 1: $y = 0.2696x - 3.0267$ $R^2 = 0.83$ y Ecuación 2: $y = 0.0434x + 0.2381$ $R^2 = 0.91$. El sistema agroforestal almacena 35.33 tC en la salvia, 35.60 tC en la papa y 335.27 tC en el suelo, para dar un total de 406.18 tC capturado en las 18.56 ha que abarca el sistema agroforestal.

2.2.2.4 MERCADO DE CARBONO

El Mercado de carbono es el sistema de comercio a través del cual los gobiernos, empresas o individuos pueden vender o adquirir unidades de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, en un esfuerzo por cumplir con compromisos obligatorios o de manera voluntaria.

Como los gases de efecto invernadero (GEI), se mezclan uniformemente en la atmósfera, desde el punto de vista ambiental es lo mismo reducir las emisiones en cualquier lugar del mundo. Debido a que los costos de reducción de emisiones de GEIs son más bajos en los países en desarrollo, el mercado de carbono resulta una oportunidad, no solo para generar ganancias globales eficientes sino también para contribuir al desarrollo sostenible y a la transferencia de nuevas tecnologías no contaminantes hacia los países en desarrollo y con economías en transición (5).

El mercado de carbono en el marco del Protocolo de Kyoto (PK), es complejo y segmentado, en él existen y compiten, dos familias de productos con diferentes atributos: los permisos de emisión y las unidades de reducción de emisiones de distintas características y orígenes. Existen mercados primarios y secundarios, ventas “spot” y a futuro, lo que conduce a la formación de diversos precios. Se trata de un mercado estrechamente determinado por normas en el que la demanda y la oferta constituyen además fuerzas desiguales (5).

El MDL (Mecanismo de Desarrollo Limpio) del PK es uno de los mecanismos, llamados de flexibilidad, que integran ese mercado, y es el único que vincula países industrializados con compromisos cuantitativos de reducción de emisiones con países en desarrollo que no los tienen. Cabe mencionar que los proyectos del MDL de reducción de emisiones producen unidades que se denominan Certificados de Reducción de Emisiones con sus siglas en inglés CERs (Certified Emissions Reductions). Un CER equivale a 1t de CO₂. Los proyectos MDL forestales producen certificados de dos tipos, TCERs y ICERs. Los tCERs (Temporales), Temporary Certified Emission Reduction, Los ICERs (Largo plazo), Long-term Certified Emission Reduction (5).

El mercado de carbono comprende dos tipos de transacciones

- **El Comercio de derechos de emisión:** El comprador adquiere derechos de emisión creados y asignados por los organismos reguladores, ya sea que se hayan determinado por la fijación de límites e intercambio de emisiones, como las Unidades de Cantidades Atribuidas (UCAs) del Protocolo de Kyoto, o los derechos de emisión del Régimen del Comercio de Emisiones de la Unión Europea.
- **Las Transacciones basadas en Proyectos:** Las transacciones en donde el comprador adquiere certificados de reducción de emisiones (CERs) de un proyecto que produce reducciones cuantificables de GEIs en comparación con un escenario sin proyecto. La mayoría de estas transacciones se realizan para cumplir con el Protocolo de Kyoto u otros regímenes regulatorios, pero también para cumplir con objetivos de mitigación voluntarios. Hasta el momento no se ha expedido ningún CERs (5).

A. SITUACIÓN ACTUAL DE LA VENTA DE CARBONO

El mercado de carbono se ha consolidado considerablemente estos últimos años, con el comienzo de operaciones del Régimen de Comercio de Emisiones de la Unión Europea (ETS) y el Protocolo de Kyoto. Sin embargo, aún subsisten incertidumbres, el registro de los proyectos del MDL por la Junta Ejecutiva, como así también la situación post-2012 (segundo período de compromiso) que incidirá en los precios futuros de los créditos de carbono. El mercado ha sido impulsado por el Banco Mundial a través de los distintos fondos que administra por un monto total de U\$S 850 millones, a saber: el PCF (Prototype Carbon Fund¹), el CDCF (Community Development Carbon Fund²); el BioCF (Bio Carbon Fund³); el CERUPT⁴ y ERUPT del Gobierno Holandés; el Fondo Italiano de Carbono; el Fondo Español de Carbono; el Fondo Danés de Carbono y el Fondo Pan Europeo de Carbono (5).

Existe un Mercado internacional de derechos de emisión de gases de efecto invernadero, en el cual se negocian las Reducciones Certificadas de Emisiones (RCE) obtenidas, por la implementación de proyectos MDL que generan menor cantidad de emisiones que aquellos comúnmente ejecutados por los países en desarrollo (con menor consideración de los aspectos ambientales).

Al comparar las emisiones producidas por estos dos tipos de proyectos se genera una cantidad de RCE, las cuales se certifican y se venden a los Países Anexo I* que tienen la obligación de reducir sus emisiones de GEI.

El mercado internacional de las RCE se ha desarrollado con bastante rapidez durante los años 2003 y 2004. Prueba de ello es que solamente de enero a mayo de 2004 se negociaron 64 millones tCO₂, mientras que el total negociado en el año de 2003, fue de 78 millones de t. Este desarrollo se debe al interés que existe por adquirir las RCE por parte, principalmente, de algunos países europeos, Canadá y Japón. En este proceso inicial, se están consolidando mercados regionales independientes, como son el Mercado de Carbono Europeo (ETS), los mercados de Japón, Canadá, Inglaterra y un mercado paralelo en los Estados Unidos y Australia (5).

El Mercado del Carbono Europeo implantado desde el 2005, está incidiendo en el alza del valor de las RCE. Los sectores privados de los países se han convertido en actores importantes en este mercado ya que, por ejemplo, en el año 2003 más del 40% del volumen total de certificados fueron comprados por estos sectores.

También se ha creado un mercado voluntario, donde actualmente se negocian volúmenes bajos (de 5.000 a 50.000 tCO₂), con precios relativamente más altos que aquellos que se alcanzan en el mercado principal. En este mercado secundario las entidades compradoras pagan precios más altos ya que las RCE son generadas en proyectos que tienen alta sostenibilidad y significativos beneficios sociales. Dada su condición de título, las RCE se pueden negociar o transferir libremente en el mercado principal y en el secundario y, por tanto, su propietario será el tenedor del documento, sea este físico o acreditado en el registro de MDL. De acuerdo con las modalidades de negociación, la mayor parte de RCE se negocia en un mercado de futuros, por su necesidad de verificación y contabilización periódica (anual) (5).

(* Alemania, Australia, Austria, Belarús, Bélgica, Bulgaria, Canadá, Comunidad Europea, Croacia, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estados Unidos de América, Estonia, Federación de Rusia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Japón, Letonia, Liechtenstein, Lituania, Luxemburgo, Mónaco, Noruega, Nueva Zelanda, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte, República Checa, Rumanía, Suecia, Suiza, Turquía, Ucrania.)

B. NIVEL INTERNACIONAL

La distribución mundial de los 375 proyectos registrados muestra fuerte concentración en la India (40%), seguido de Brasil con el 19% (más de 60 proyectos registrados). Sin embargo si atendemos al tamaño medido en volumen de Certificados de Reducción de Emisiones esperado, los resultados muestran a China a la cabeza con 29%, seguido de India con 23% y Brasil con 17% (4).

Dentro de América Latina, sobresalen solo los países, Brasil, México, Argentina y Chile; los tres primeros por su tamaño y el cuarto por su actitud proactiva. Casi el 80% de la oferta total de CERs de los proyectos registrados provendrá de solo tres países, lo que indica que el MDL tiende a localizarse en las mayores economías de países no incluidos. Por tratarse de un mecanismo con pretensiones de contribuir al desarrollo sostenible a escala global, estos resultados son por lo menos preocupantes (4).

En el mercado de permisos de emisión, Europa representa el 99% de todas las transacciones mundiales de permisos. Estos permisos europeos se entregan a las empresas grandes emisoras en el marco del Sistema Europeo de Comercio de Emisiones, alineado con el Protocolo de Kyoto.

La Unión europea ha creado su propio sistema de comercio de emisiones. Cada país formula un Plan Nacional de Asignaciones que otorga permisos de emisión medidos en unidades llamadas EUAs. Los EUAs se pueden transar en el mercado.

Desde el lado de la demanda por certificados del MDL, se destacan ampliamente la Unión europea (180 Mt CO₂) y Japón (165 Mt CO₂). Dentro de la Unión europea, se destacan como compradores Holanda (38% del volumen, Italia (11%) y España (5%). A medida que más CERs ingresen al mercado es esperable que se desarrolle rápidamente el mercado “spot” secundario de CERs. Dos características de los CERs que analizan más adelante, la “ahorrabilidad” para futuros periodos de compromiso y la sustituibilidad perfecta de EUAs por CERs favorecerán este proceso (4).

C. NIVEL REGIONAL

Según Alfaro (2), existe en la región centroamericana, un marco jurídico que ha permitido, en algunos países, iniciar un proceso de diseño de sistemas de producción y comercialización de servicios ambientales. Tal es el caso de Costa Rica que en su Ley Forestal 7575 1996), reconoce cuatro servicios ambientales que brindan los ecosistemas. Este mecanismo de cobro y pago por servicios ambientales tiene poco más de seis años de ejecución, lo cual coloca a este país como líder, con la implementación de ese sistema, que se estima que las 100,000 ha de plantaciones forestales que están siendo manejadas para la producción de bienes y servicios, contribuyen con la limpieza de 1 millón de t de CO₂ cada año, a razón de 10 t de CO₂/ha/año.

En Honduras se iniciará un proyecto para la venta de certificados de carbono en el mercado internacional con el apoyo del Banco Mundial y Japón. El cual se desarrollará en la costa caribeña del país, donde el Banco Mundial financiará con \$5,000,000.00 la compra de 2,500 ha de tierra en los alrededores del área degradada, y Japón apoyará con \$ 600.000 en la reforestación, este proyecto será a través del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) (4).

En El Salvador, existe una iniciativa gubernamental que busca establecer un Sistema Nacional de Pago por Servicios Ambientales, a través del proyecto ECOSERVICIOS, el cual sería ejecutado por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (25).

En el caso de Nicaragua, la implementación de un mecanismo de pago por servicios ambientales, es más difícil, ya que los altos niveles de pobreza y los bajos ingresos de la población, así como la presión fiscal del gobierno, reducen las posibilidades de que se destinen recursos ordinarios del gobierno o que la población nicaragüense esté dispuesta a pagar alguno de los servicios ambientales, como la venta de carbono (25).

D. NIVEL NACIONAL

Los mercados internacionales de carbono para el caso de Guatemala están en su fase de consolidación y constituyen una alternativa en la medida que a nivel internacional se consoliden los procedimientos para facilitar las negociaciones entre privados, es decir, los propietarios de bosques e interesados en financiar este servicio ambiental.

Debido a la complejidad y a las fuertes restricciones del protocolo de Kyoto, se abre la posibilidad de negociaciones de reducción de emisiones fuera de este acuerdo internacional. Por lo cual, la única venta de carbono forestal que se ha realizado en Guatemala, fue con el apoyo de la corporación Applied Energy Service (AES), quien solicitó a World Resource Institute (WRI) evaluar e identificar proyectos forestales para compensar las emisiones de carbono. WRI propuso a CARE Guatemala por la experiencia en el tema, apoyo y participación local, habilidad, entre otros. Por lo que se firma un acuerdo para un lapso de 10 años (2000-2009) con un compromiso de stock de carbono de 5.2 millones t a un precio de \$2 millones. El Convenio CARE-UVG fue firmado en el año 2003, que se basa en trabajar conjuntamente CARE-UVG y estimar el almacenamiento de carbono en bosques comunales y municipales del altiplano occidental de Guatemala (6).

Por lo que es necesario que las instituciones guatemaltecas, Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales de Guatemala (MARN), Instituto Nacional de Bosques (INAB) y Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) deben participar activamente en una comisión, para impulsar la formulación de proyectos de fijación de carbono y su negociación en los mercados internacionales.

E. PERSPECTIVAS DE MERCADO DEL CARBONO

Según la publicación situación y tendencias del mercado de emisiones de carbono, 2007 (5), revela que el mercado mundial de emisiones de carbono se triplicó en el último año, de \$10 mil millones en 2005 a \$30 mil millones en 2006. Las principales transacciones del mercado fueron la venta y reventa de derechos de emisión de la Unión Europea, por un monto aproximado de \$25 mil millones. El mercado de transacciones basadas en proyectos en países en desarrollo y en países con economías en transición alcanzó rápidamente los \$5 mil millones en 2006, es decir, más del doble que el año anterior.

Además gracias a los mecanismos del Protocolo de Kyoto, desde 2002 se han generado \$8 mil millones en nuevos recursos para los países en desarrollo.

Se calcula que, desde ese mismo año, la compra directa de emisiones ha potenciado la movilización de \$16 mil millones adicionales en inversiones asociadas que apoyan la generación de energías no contaminantes en los países en desarrollo.

El mundo en desarrollo ha comercializado mil millones de t de unidades de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y se espera que antes del 2012 aporte al mercado otras mil millones de toneladas. Así como, el mercado de las acciones voluntarias (no reguladas por el Protocolo de Kyoto ni por otros sistemas) de parte de individuos y empresas también está en auge, ya que más de 50 empresas están ofreciendo compensaciones de las emisiones de carbono.

Este mercado ha comercializado un volumen de 400 millones de t/ año de aquí al 2010, volumen que equivale al de los mecanismos para un desarrollo limpio. Sin embargo, estas proyecciones vienen acompañadas de una clara advertencia, el mercado voluntario tiene muchísimo potencial, pero carece de normas aceptadas por la mayoría y esto pone en riesgo importante la reputación no sólo de sus propias perspectivas, sino también la del resto del mercado, entre otros los segmentos de comercialización regulada de las emisiones de carbono y las transacciones basadas en proyectos (5).

Por esa razón, el mercado ya está trabajando para elaborar normas aceptables y voluntarias para los proyectos de compensación.

El análisis del mercado muestra que las transacciones provenientes de proyectos en países en desarrollo y en economías en transición ascendieron a 446 millones de t de CO₂ en el esquema EECE de la Unión Europea, se transaron aproximadamente 1.100 millones de t en derechos de emisión de gases. Pero este gran crecimiento, marca la enorme magnitud de los efectos del cambio climático, que llama a una transformación más profunda, incluso en aquellos sectores a los cuales el mercado de las instituciones individuales cubiertas que deben cumplir un tope máximo para toda la industria cap-and-trade (captura y negocio) no llega tan fácilmente (24).

Esta transformación demanda más inversión pública y privada en investigación, desarrollo y difusión de nuevas tecnologías, cambios en las políticas económicas y fiscales, para la eliminación de tecnologías y combustibles que generan altas emisiones de carbono (24).

2.3. OBJETIVOS

2.3.1 GENERAL

- 2.3.1.1 Estimar la biomasa y la fijación de carbono en plantaciones de diferentes edades de la especie de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, en el municipio de Siquinalá, departamento de Escuintla.

2.3.2 ESPECÍFICOS

- 2.3.2.1 Estimar la biomasa total en cada plantación de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh a partir de variables dasométricas primarias.
- 2.3.2.2 Generar modelos matemáticos para la estimación de biomasa presente en la especie *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh para cuantificar el carbono fijado.
- 2.3.2.3 Obtener el factor de expansión, para estimar la biomasa en plantaciones, a partir de información de inventarios forestales.
- 2.3.2.4 Estimar la cantidad de carbono fijado en t/ha en función de la edad de la plantación.
- 2.3.2.5 Determinar el porcentaje de carbono fijado por componente arbóreo y edad de plantación.

2.4. METODOLOGÍA

2.4.1 SELECCIÓN DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO

Se tomó en cuenta la especie latifoliada *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh para el presente estudio, debido a que la empresa Pantaleón S.A. cuenta con grandes extensiones plantadas con dicha especie, por lo que se considera que es de suma importancia generar las curvas de fijación de carbono.

Las áreas de estudio, fueron elegidas tomando en cuenta la edad de plantaciones y con condiciones generales similares, como se aprecia en el Cuadro 2.2.

Cuadro 2.2. Clasificación por edades de las plantaciones estudiadas en la Finca Margaritas Ingenio La Unión y Finca Cristalinas Ingenio Pantaleón S.A. 2006.

No.	Plantación	Edad	Extensión
1.	Las Margaritas	4 años	0.04 ha
2.	Las Margaritas	6 años	3.4 ha
3.	Las Margaritas	8 años	5.2 ha
4.	Cristalinas	15 años	0.02 ha

2.4.2 CARACTERÍSTICAS PARA LA SELECCIÓN DE RODALES

Los rodales donde se trabajó fueron seleccionados, con base a la especie de interés, las clases diamétricas que se encontraron tienden a ser similares por ser una plantación, a diferencia de las clases diamétricas en un bosque natural, tienden a ser distintas, además los rodales presentaron un manejo similar, crecimiento normal y buen estado fitosanitario.

2.4.3 CARACTERÍSTICAS PARA SELECCIÓN DE ÁRBOLES

Las características de los árboles muestreados fueron; el diámetro a la altura al pecho (DAP), la altura del árbol en pie, no presentaban síntomas de plagas o enfermedades y el fuste era recto.

2.4.4 TIPO DE MUESTREO

Para seleccionar una muestra representativa de la población lo recomendable es realizar un muestreo completamente al azar. Donde se midió los DAP'S para tener variabilidad diamétrica y así generar modelos de biomasa para la especie.

2.4.5 UNIDADES DE MUESTREO

La unidad de muestreo fue cada árbol seleccionado. Tomando en cuenta la edad, clase diamétrica y estado fitosanitario.

2.4.6 TAMAÑO DE LA MUESTRA

El tamaño de la muestra se definió considerando tres aspectos: administrativos, económicos y técnicos. Por lo que se seleccionaron 5 árboles por cada clase de edad, tomando en cuenta que fueron 4 clases de edad, por lo tanto en total 20 árboles fueron las unidades de muestreo.

De cada unidad de muestro se obtuvieron submuestras, las cuales se distribuyeron así: 3 submuestras de hojas, 3 submuestras de ramas, 3 submuestras de ramillas, y 3 submuestras de fuste. Por lo que al final de la investigación el análisis se hizo sobre 240 submuestras en total.

2.4.7 VARIABLES

2.4.7.1 Variables primarias

- Diámetro a la altura al pecho DAP a 1.30 m del suelo;
- Altura de árbol en pie (m),
- Longitud del árbol (m) (árbol derribado),
- Diámetro cada metro (árbol derribado),
- Diámetro del tocón (m),
- Peso fresco total hojas, ramas, ramillas (g)
- Peso fresco de cada submuestra de hojas, ramas (kg),

2.4.7.2 Variables derivadas

- Densidad aparente de la madera g/cm^3 ,
- Volumen del fuste principal (m^3),
- Peso seco de las muestras en laboratorio,
- Peso seco total de fuste, ramas, ramillas, hojas,
- Contenido de carbono por cada árbol.

2.4.8 CLASES DIAMÉTRICAS

Se realizó una distribución de árboles por clase diamétrica, considerando los rangos de diámetros presentes como se observa en el Cuadro 2.3.

Cuadro 2.3. Número de individuos por clase diamétrica.

No. de clase	Clase Diamétrica (cm)	No. de árboles
1	5-10	1
2	10.1-15	4
3	15.1-20	6
4	20.1 - 25	6
5	25.1-30	2
6	> 30.1	1

2.4.9 FASE DE CAMPO

2.4.9.1 MEDICIÓN DEL DAP

A cada uno de los árboles se le midió el (DAP) diámetro a la altura del pecho (1.30 m), para lo cual se utilizó cinta diamétrica.

2.4.9.2 MEDICIÓN DE ALTURA

A cada árbol se le midió la altura en pie con Pistola Haga a una distancia de 15 y 20 m respectivamente.

2.4.9.3 DERRIBO DEL ÁRBOL

Se despejó el sitio de caída del árbol. Se cortó aproximadamente a 0.30 m de altura del suelo, utilizando motosierra.

2.4.9.4 MEDICIÓN DE LONGITUD

Una vez derribado el árbol, se midió la longitud con cinta métrica.

2.4.9.5 DESRAMADO

Este procedimiento se hizo utilizando para las ramillas machete y en el caso de las ramas grandes se utilizó motosierra. Todo el desramado se realizó teniendo en cuenta del cuidado de quitar las ramas y ramillas sin confundirlas ni destruirlas.

2.4.9.6 SEPARACIÓN DE RAMAS, RAMILLAS y HOJAS

Se hizo una clasificación de ramas y ramillas considerando el diámetro de las mismas, las hojas se separaron manualmente, luego se colocaron en sacos de polietileno, para su manejo y seguir con el procedimiento que se describe más adelante.

2.4.9.7 MEDICIONES DEL FUSTE

Se midió a cada árbol, el diámetro del fuste cada dos metros de distancia desde el tocón, hasta el extremo superior del mismo.

2.4.9.8 PROCESO DE PESADO DE FUSTES, RAMAS, RAMILLAS, HOJAS

Se armó un sistema de suspensión, con lazos y una balanza de resorte de 400 lb de capacidad, para pesar las muestras, ya que se tenían clasificadas las ramas y ramillas, hojas y fustes se procedió a colocarlas en lazos y en algunas ocasiones en costales o bien bolsas de polietileno, para poder pesarlas, se anotaron los pesos totales de trozas, ramas, ramillas, fuste siendo este el peso húmedo total, este procedimiento se repitió con cada uno de los árboles.

2.4.9.9 SELECCIÓN DE SUBMUESTRAS

A. MUESTREO DE HOJAS, RAMAS, RAMILLAS

Se colectaron 3 submuestras de hojas, ramas, ramillas antes pesadas en húmedo. Las submuestras se colocaron en bolsas de papel kraft, se sellaron e identificaron. Luego se pesaron para registrar peso fresco en campo.

Posteriormente se trasladaron al Laboratorio del Centro de Estudios Ambientales, (CEA) de la Universidad del Valle de Guatemala para el trabajo de laboratorio que luego se describe.

B. MUESTREO FUSTE

Luego se tomaron 3 submuestras de rodajas; una en la parte inferior (tocón), una de la parte media, y otra en la parte superior del árbol. Cada rodaja se obtuvo utilizando motosierra y tenían un grosor de 1 a 1.5 pulgadas.

Posteriormente se identificaron todas las rodajas, con el fin de no mezclarse con las demás. Inmediatamente después se obtuvo el peso fresco de las mismas, utilizando balanza.

2.4.10 FASE DE LABORATORIO

2.4.10.1. SECADO DE SUBMUESTRAS

Luego de concluir cada fase de campo y de recolección de submuestras, se llevaron al laboratorio del Centro de Estudios Ambientales, CEA de la Universidad del Valle de Guatemala, las submuestras se procesaron y se sometieron al secado en hornos a una temperatura constante de 60°C.

Se procedió trasladar las submuestras (con excepción del fuste) a bolsas de papel, previamente identificadas y pesadas, en una balanza electrónica. Los pesos obtenidos se registraron diariamente hasta obtener un peso constante en la boleta de laboratorio (Cuadro 2.19A)

2.4.10.2. ANÁLISIS DE SUBMUESTRAS DE RODAJAS DE FUSTES

- Se analizaron las rodajas de los fustes en el orden que fueron cortados en el campo.
- Se obtuvo el peso húmedo (gramos) se utilizó balanza electrónica.
- Se determinaron diámetros medios, de cada rodaja, y se tomaron de seis a ocho medidas de diámetros para obtener un promedio aceptable.
- Se llevó cada muestra al CEA en donde se colocaron en un horno de secado a 80°C el tiempo de secado, fue durante 14 días hasta alcanzar un peso constante.

2.4.11. ANÁLISIS DE RESULTADOS

2.4.11.1. ANÁLISIS DE VOLUMEN

La determinación del volumen de las rodajas se realizó con la siguiente ecuación:

Ecuación de volumen para rodaja.

$$V (\text{cm}^3) = \pi r^2 h$$

Donde:

V = volumen (cm³) h = altura
r = radio π = constante

2.4.11.2. DENSIDAD ESPECÍFICA DE MADERA

D.e = peso secado al horno (g)/ volumen fresco (cc)

2.4.11.3. PESO FRESCO INICIAL

Pf = peso fresco (kg)

2.4.11.4. CONTENIDO DE HUMEDAD

C.H. = (peso fresco – peso seco)/peso fresco

2.4.11.5. MATERIA SECA

Se registro el peso antes y después del secado, dando como resultado el peso seco final, por lo que la materia seca esta dada según la siguiente ecuación

$$\%MS = PS/PH$$

2.4.11.6. BIOMASA

La conversión de la biomasa (kg) está dada por la siguiente ecuación

$$B = PHc * MS$$

Donde:

B = Biomasa (kg) de árboles

PHc = Peso húmedo total registrado en campo (kg)

MS = materia seca de la muestra.

2.4.11.7. CARBONO

Para la determinación del contenido de carbono, utilizando la biomasa (kg) se procede a la conversión a toneladas; éstas se multiplican por el factor de Carbono 0.5 según MacDicken (1996).

$$C = BIOMASA * FACTOR 0.5$$

2.4.12. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

2.5.12.1. REGRESIÓN NO LINEAL Y CORRELACIÓN

Se utilizó regresión no lineal y correlación para establecer las relaciones entre la biomasa total y las variables DAP y altura.

Modelos exponenciales fueron estimados utilizando el software EXCEL®, como criterio de ajuste se utilizó el coeficiente de determinación (R^2). Las variables fueron:

- Y = Biomasa total (kg)
- X = DAP (cm)

2.4.12.2 FACTOR O ÍNDICE DE EXPANSIÓN

Este factor se obtuvo mediante los datos de biomasa secados al horno. Se realizó una relación matemática entre la biomasa total y la biomasa del fuste; donde:

$$FEB = BIOMASA TOTAL / BIOMASA DEL FUSTE$$

2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.5.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS ÁRBOLES MUESTREADOS

En el Cuadro 2.4, muestra las características dasométricas de los 20 árboles muestreados, estos se seleccionaron completamente al azar. La densidad de las plantaciones, era de media a baja, pues a las plantaciones ya les han extraído individuos. Los árboles muestreados presentaron un DAP que va desde 9.3 cm a 32 cm, una altura en pie de 13 m a 25 m distribuidos en edades de 4, 6, 8, 15 años respectivamente.

Cuadro 2.4. Características dasométricas de los árboles muestreados en la Finca Margaritas y Finca Cristalinas, 2006.

EDAD	No. árbol	DAP (cm)	Altura (m)
4 AÑOS	1	11.5	16
	2	10.5	15
	3	10.5	17
	4	9.3	13
	5	10.18	16
6 AÑOS	1	16.6	20
	2	22	17
	3	22.6	23
	4	22.3	25
	5	22.3	23
8 AÑOS	1	17.6	20
	2	17.5	22
	3	21	19
	4	18	19
	5	18	20
15 AÑOS	1	28	17.5
	2	32	24.5
	3	31	19
	4	25.3	15
	5	18	16

2.5.2. PESO HÚMEDO EN CAMPO

Al momento del derribo de los árboles se recolectó todo el material vegetal perteneciente a los mismos, es decir, que todas las ramas, ramillas y hojas fueron objeto de estudio. Mientras que la parte fustal, únicamente se seleccionaron tres rodajas por individuo a partir del tocón cada dos metros (parte alta, media y baja), para así obtener una muestra representativa por árbol.

Cuadro 2.5. Peso húmedo en el momento del derribo de los árboles.

Edad	No. de árbol	Peso húmedo (Kg)				
		Fuste	Ramas	Ramilla	Hojas	TOTAL
4 años	1	62.86	3.64	1.95	7.73	76.18
	2	52.86	2.5	1.14	5	61.5
	3	57.72	2.73	0.45	3.64	64.54
	4	35.36	3.86	1.55	7.05	47.82
	5	52.95	1.36	1	5.45	60.76
6 años	1	123.18	26.82	7.27	9.09	166.36
	2	406.82	56.82	20.91	16.36	500.91
	3	417.73	15	80.91	23.18	536.82
	4	427.27	78.64	12.27	12.27	530.45
	5	382.5	55.68	10.9	7.95	457.03
8 años	1	186.82	30	4.55	12.27	233.64
	2	244.55	38.18	7.73	17.73	308.19
	3	309.55	41.82	8.18	19.09	378.64
	4	220.91	25	4.55	11.36	261.82
	5	198.18	18.64	5.45	11.82	234.09
15 años	1	1045.45	136.36	29.09	34.65	1245.55
	2	563.18	51.36	17.73	17.73	650
	3	959.09	88.18	34.09	38.18	1119.54
	4	685	164.9	23.64	28.64	902.18
	5	204.55	20	3.18	4.09	231.82

Como se observa en el Cuadro 2.5, existen diferencias en peso en húmedo entre árboles de la misma edad, lo anterior probablemente se debe a diferencias de manejo, calidad de sitio y variabilidad del material. En cuanto a los valores entre árboles, en general a mayor edad mayor peso en húmedo, en términos generales la edad de 4 años presenta un peso húmedo desde los 47 a los 76 kg, la edad 6, un peso húmedo de 166 a 536 kg, la edad de 8 años de 234.09 a 378.64 kg de peso húmedo, estas dos edades muestran un

comportamiento similar, ya que la edad de 8 años por la calidad de sitio y en carencia de un manejo forestal adecuado, los árboles no se desarrollaron apropiadamente acorde a su edad. Y los árboles de la edad de 15 presentan un peso húmedo desde 231.82 hasta 1245 Kg.

2.5.3 MATERIA SECA

Luego de obtener el peso húmedo en campo, se recolectaron tres submuestras para así poder formar una muestra localizada, es decir, por cada componente (fuste, ramas, ramillas y hojas), buscando así homogenización por árbol. Luego se procede a la determinación del porcentaje de materia seca en el laboratorio, el cual consistió en someter las submuestras a una temperatura de 60⁰C durante 24 horas en un horno de convección. Se registró el peso húmedo y peso seco, su cociente constituyo la materia seca, como se muestra en el Cuadro 2.6.

Cuadro 2.6. Fracción de materia seca obtenida en el laboratorio del centro de estudios ambientales (CEA) de la Universidad del Valle de Guatemala (UVG) 2006.

Edad	No. de árbol	Materia Seca (Kg)			
		Fuste	Ramas	Ramilla	Hojas
4 años	1	0.4654	0.4743	0.4813	0.4242
	2	0.4312	0.4983	0.4961	0.429
	3	0.4055	0.4746	0.4555	0.4611
	4	0.4708	0.4961	0.4514	0.3983
	5	0.4542	0.507	0.498	0.4494
6 años	1	0.5018	0.4907	0.4026	0.4997
	2	0.7039	0.5327	0.5573	0.4981
	3	0.5619	0.3588	0.5656	0.4667
	4	0.5612	0.5841	0.6136	0.6862
	5	0.4964	0.5237	0.5779	0.7103
8 años	1	0.548	0.442	0.409	0.437
	2	0.6345	0.508	0.4705	0.5248
	3	0.5611	0.5465	0.4748	0.551
	4	0.5204	0.4877	0.4272	0.3869
	5	0.4527	0.4718	0.4536	0.4621
15 años	1	0.5603	0.5164	0.488	0.3916
	2	0.5573	0.5232	0.511	0.5018
	3	0.5779	0.4568	0.4421	0.4767
	4	0.5665	0.4982	0.4495	0.3699
	5	0.5283	0.4798	0.4596	0.3655

Algunos de los factores que influyeron en la estabilización de los pesos secos fue, la constancia en la que las submuestras fueron sometidas, es decir recibieron 5 días seguidos de secado al horno, alrededor de 105 horas seguidas, únicamente los fustes recibieron más tiempo debido a su composición y tamaño, ya que no se tenía un peso estandarizado en los mismos.

2.5.4 CONTENIDO DE HUMEDAD

Según el análisis establecido con la fórmula para determinar contenido de humedad es necesario restar el peso fresco con el seco y dividirlo con el peso fresco; para luego obtener el porcentaje de humedad se debe de multiplicar el contenido de humedad por cien. Los resultados se muestran a nivel de componentes arbóreos. Como se observa en el Cuadro 2.7.

Cuadro 2.7. Porcentaje de contenido de humedad de las submuestras por edad.

Edad	No. de árbol	(%) Contenido de Humedad			
		Fuste	Ramas	Ramilla	Hojas
4 años	1	53	12	15	5
	2	57	13	9	6
	3	60	15	6	13
	4	53	12	12	8
	5	55	12	8	10
6 años	1	49	17	13	5
	2	29	14	8	3
	3	43	15	11	4
	4	44	31	9	1
	5	64	24	7	1
8 años	1	45	14	15	3
	2	36	12	11	2
	3	44	12	10	2
	4	52	15	12	3
	5	62	15	9	2
15 años	1	44	12	10	3
	2	46	10	8	2
	3	44	10	9	2
	4	44	8	7	3
	5	48	8	7	3

De acuerdo a los resultados el porcentaje de humedad, no es más que la cantidad de agua que tenían las submuestras inicialmente. Por lo que dicho porcentaje está entre 40 y 60% del peso en fresco por lo que al momento de someter las submuestras al horno, únicamente se logra una deshidratación que da como resultado una pérdida de agua, pero no en todas las submuestras se da éste porcentaje de humedad, en las de 6 y 8 años se observa una discrepancia esto probablemente debido a: viabilidad de la semilla, calidad de sitio, manejo aplicado, lo cual influye en la cantidad de agua de las submuestras.

2.5.5 ESTIMACIÓN BIOMASA

La determinación de la biomasa consistió en la obtención del peso húmedo total registrado en campo (kg) y la obtención de materia seca de la muestra. Donde la biomasa se obtiene mediante la ecuación $B = PHc * MS$, tal y como se muestra en el Cuadro 2.8.

Cuadro 2.8. Estimación de Biomasa por árbol.

Edad	No. de árbol	Biomasa (Kg)				
		Fuste	Ramas	Ramilla	Hojas	TOTAL
4 años	1	29.2568	1.726382	0.938615	3.279323	35.20112
	2	22.79144	1.24578	0.565584	2.144814	26.74762
	3	23.40822	1.295559	0.20496	1.678512	26.58725
	4	16.64789	1.914822	0.699657	2.807721	22.07009
	5	24.05194	0.689493	0.498022	2.449232	27.68869
6 años	1	61.81583	13.16123	2.927053	4.542001	82.44611
	2	286.3598	30.26891	11.65327	8.149211	336.4312
	3	234.7151	5.382387	45.76331	10.8179	296.6787
	4	239.7749	45.93055	7.528797	8.419977	301.6543
	5	189.873	29.15704	6.29923	5.646778	230.976
8 años	1	102.2892	13.26442	1.862187	5.362185	122.778
	2	155.1738	19.39695	3.636905	9.304156	187.5118
	3	173.6926	22.8541	3.884242	10.51941	210.9504
	4	114.9672	12.19239	1.943635	4.395066	133.4983
	5	89.72215	8.794194	2.472183	5.462235	106.4508
15 años	1	585.7533	70.41156	14.19627	13.56748	683.9286
	2	313.8768	26.87142	9.060582	8.896835	358.7057
	3	554.2566	40.28494	15.07176	18.20042	627.8137
	4	388.0787	82.14646	10.6262	10.59262	491.444
	5	108.0551	9.595969	1.461433	1.495096	120.6076

Mientras más grande sea el árbol diamétricamente, mayor será su biomasa siempre y cuando éste presente una calidad de sitio y manejo adecuado de las plantaciones, ya que se observa que en los árboles de la edad de 8 años la mayoría de sus individuos son inferiores a los de 6 años quedando en evidencia que el diámetro determinará la biomasa.

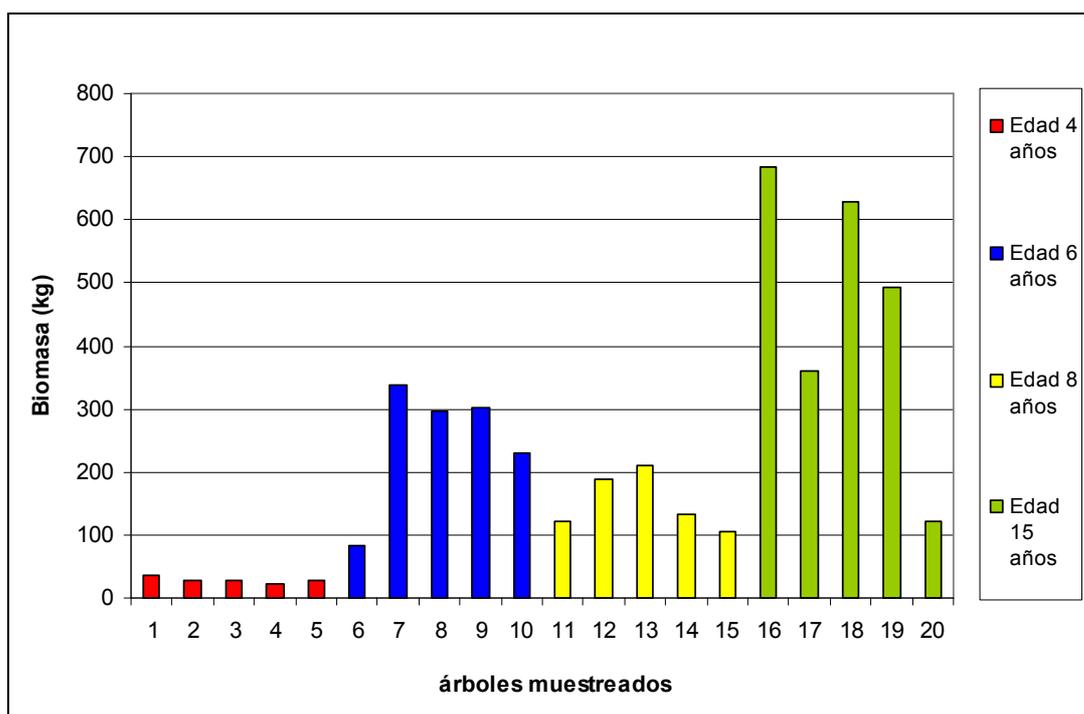


Figura 2.3. Comparación de la biomasa entre árboles

El comportamiento de los árboles en cuanto a su biomasa real se observa en la Figura 2.3 donde gráficamente se ve que la edad no es un factor determinante, ya que la plantación de 6 años es la que muestra mejores tratamientos silvícolas ya que posee individuos bien desarrollados acorde a su crecimiento fenológico mínimo en comparación al resto. Cabe destacar que dichos tratamientos no son los requeridos por ésta plantación.

2.5.5.1. ECUACIONES DE BIOMASA

Las ecuaciones generadas a partir de los 20 árboles muestreados, se presentan en el Cuadro 2.9. Para obtener dichas ecuaciones fue necesario probar varios modelos, inicialmente se tomó en cuenta la ecuación para latifoliadas ($Biomasa = e^{(3.852749 + 0.086911 DAP - 0.042662 Altura - 0.00406DAP 0.002021DAP^2 + altura^2)}$), según Lee (2002) (20) con un coeficiente de determinación de 89%. De igual manera se probaron modelos a partir de las ecuaciones potenciales y exponenciales, por lo que se obtuvieron 5 ecuaciones, de los cuales 3 presentaron un R^2 inferior a 60% y los restantes un rendimiento en cuanto a carbono fijado más adecuado, es decir su R^2 fue el más próximo a 1.

En los modelos obtenidos el más cercano al real, es decir, con $R^2 = 1$ es el presentado por la Ecuación donde se posee un R^2 de 95%, seguidamente la Ecuación 2 como se aprecia en el Cuadro 2.9 con un R^2 de 90%. Por lo que cualquiera de los dos modelos son aceptables según lo citado por Córdova (2002) (6) en donde, para investigaciones de índole biológico arriba del 60% de determinación es aceptable.

Cuadro 2.9. Modelos matemáticos generados para estimar la biomasa de los árboles.

No	Ecuaciones	R^2
Ecuación 1	$y = 0.0334x^{2.8769}$	0.9499
Ecuación 2	$y = 6.851e^{0.156x}$	0.8972

En donde:

Y = Biomasa (kg)

X = DAP (cm)

R^2 = Coeficiente de determinación

En la Figura 2.4 y 2.5 se muestra el comportamiento del DAP con relación a la biomasa de los árboles en función de las dos ecuaciones obtenidas.

Los árboles con DAP entre 9 y 15 cm, con 4 años de edad, muestran un comportamiento de biomasa por debajo de los 100 kg, esto debido al estrés en el que se encuentran ya que existe una alta densidad y no se han realizado los raleos respectivos.

Los de DAP de 16 cm – 23 cm mostraron comportamientos similares con los de DAP de 17.5 cm – 21 cm que son de 6 y 8 años respectivamente, debido a que las parcelas de muestreo (Cuadro 2.17A) donde se extrajeron los árboles los de 8 años fueron los más decrepitos, mientras que los de 6 se encontraron acordes en su desarrollo por lo que su biomasa se encuentra debajo de los 400 kg.

En el caso de los árboles de 15 años en donde sus DAP's se ubicaron entre los 18 cm a 32 cm, puede notarse un incremento en la biomasa esto debido a su incremento en el follaje y fuste, es decir, el árbol ha logrado ya un desarrollo óptimo bajo las condiciones en que se encuentra localizado es por ello que la biomasa está entre los 400 kg a 700 kg.

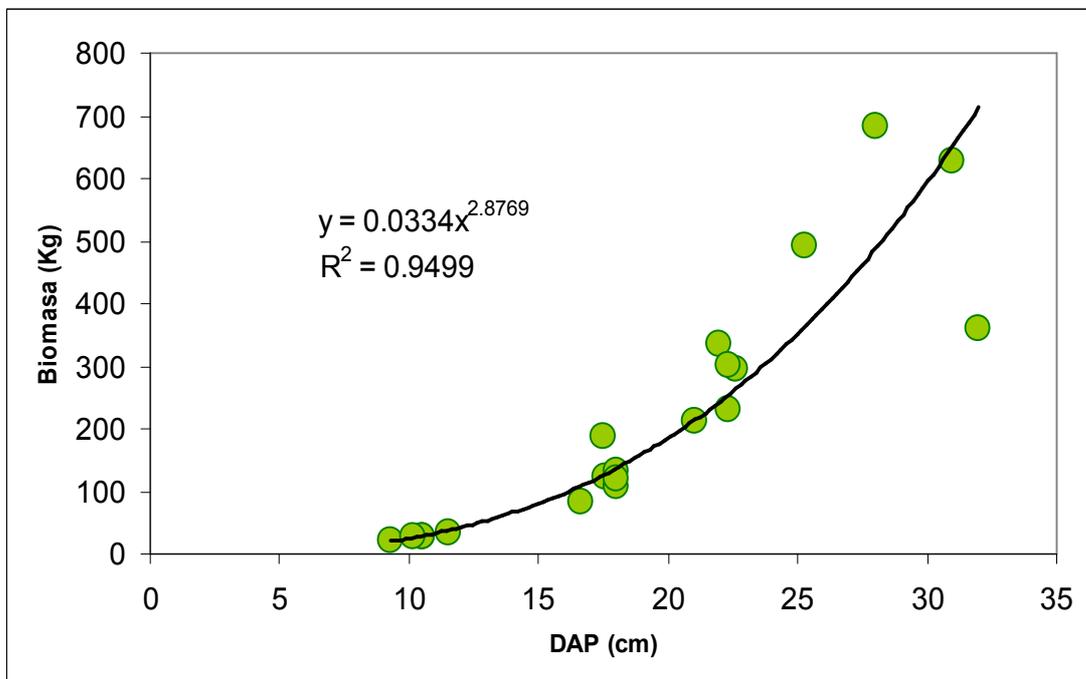


Figura 2.4. Relación DAP/Biomasa utilizando el modelo $y = 0.0334x^{2.8769}$

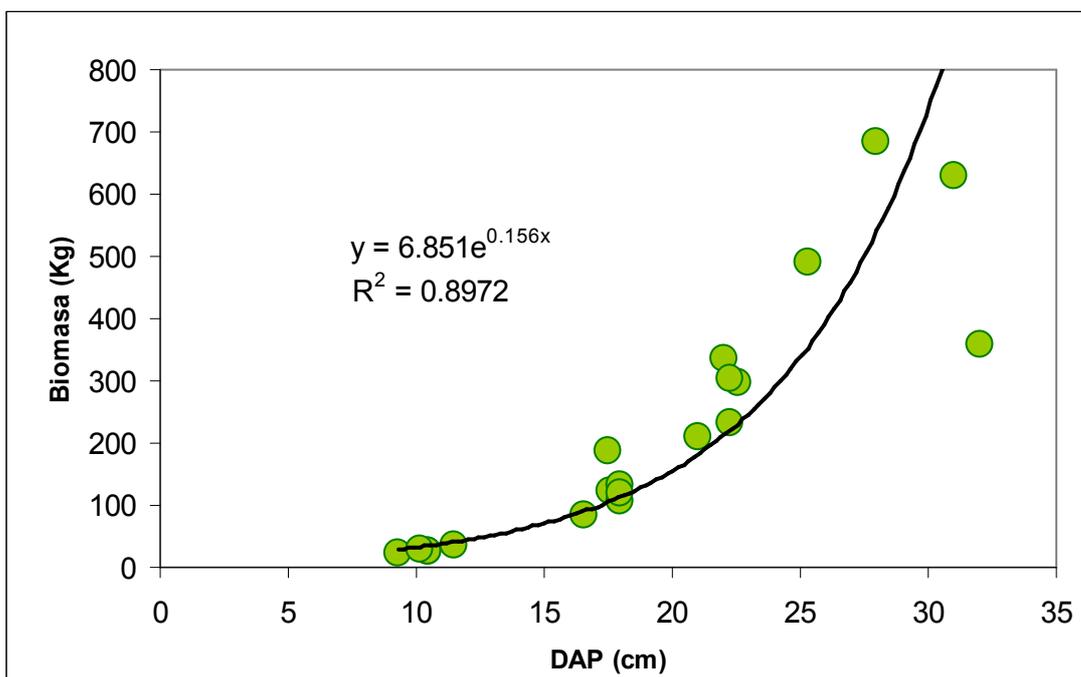


Figura 2.5. Relación DAP/Biomasa utilizando el modelo $y = 6.851e^{0.156x}$

Al ingresar los datos a la hoja de Excel® y someterlos a los análisis respectivos se obtuvo el Cuadro 2.10 donde se puede comparar los resultados de los dos modelos matemáticos respecto a la biomasa real. Como era de esperarse y según el coeficiente de determinación (R^2) el modelo 1 muestra los resultados más cercanos a la realidad, seguidamente del modelo 2 muestran una cercanía a la realidad leve en comparación de la ecuación 1.

Sin embargo, como ya se hizo notar en el Cuadro 2.9 los modelos generados en este estudio son bastante confiables, tal y como lo muestran el coeficiente de determinación (R^2) y las Figuras ya mencionadas.

Cuadro 2.10. Matriz de datos para la comparación de ecuaciones de biomasa para la especie *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

Edad	No de árbol	Biomasa real	Modelo 1 $y = 0.0334x^{2.8769}$	Modelo 2 $y = 6.851e^{0.156x}$
4 años	1	35.2	37.61	41.2
	2	26.75	28.95	35.25
	3	26.59	28.95	35.25
	4	22.07	20.42	29.23
	5	27.69	26.48	33.53
6 años	1	82.45	108.11	91.29
	2	336.43	243.09	211.96
	3	296.68	262.65	232.76
	4	301.65	252.75	222.11
	5	230.98	252.75	222.11
8 años	1	122.78	127.93	106.7
	2	187.51	125.85	105.05
	3	210.95	212.64	181.34
	4	133.5	136.47	113.57
	5	106.45	136.47	113.57
15 años	1	683.93	486.49	540.45
	2	358.71	714.35	1008.68
	3	627.81	652	862.98
	4	491.44	363.4	354.67
	5	120.61	136.47	113.57

El Cuadro 2.1010 presenta de forma íntegra el comportamiento de los modelos estimados para la especie *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, considerando que el uso de estos modelos requiere únicamente la variable de fácil medición (DAP) muestreada en campo. Tomando en cuenta que debe tenerse precaución de no estimar biomasa para plantaciones cuyos DAP estén fuera de los utilizados en la presente investigación.

2.5.5.2. CORRELACIÓN DE LA BIOMASA

Posterior al uso de los modelos, se prosiguió a estimar la correlación existente entre la biomasa real con la biomasa estimada obtenida en el modelo $y = 0.0334x^{2.8769}$ (Cuadro 10) donde se observa el resultado en la Figura 6, cabe destacar que el modelo se ajusta, pues los valores están distribuidos similarmente, formando una recta, es decir $r^2 = 1$. Comprobando así que el modelo logra estimar la biomasa.

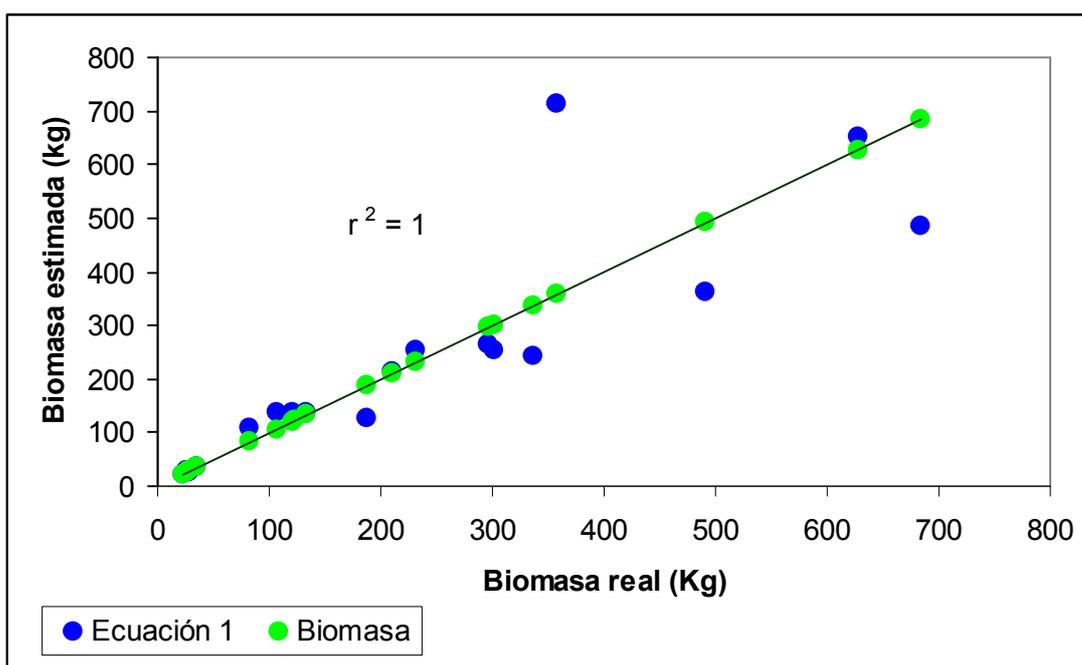


Figura 2.6. Correlación de biomasa real vrs biomasa estimada.

2.5.6 ESTIMACIÓN DEL CARBONO

Para estimar el carbono por árbol en toneladas, se utilizó la biomasa en kilogramos, que se obtuvo en campo, posteriormente se aplicó el factor de carbono 50% (0.5) que menciona MacDicken (21), en donde para especies a las que no se les ha cuantificado el carbono fijado por métodos directos, dicho factor sugerido es válido para hacer la estimación.

Al obtener la biomasa esta se divide dentro de 1,000 para obtener toneladas, el producto es multiplicado por el factor 0.5 antes mencionado, y posteriormente multiplicarlo por la densidad de la plantación, (no de árboles/ha) para obtener el carbono fijado en t/ha como se muestra en el Cuadro 2.11.

Cuadro 2.11. Total de contenido de carbono fijado por edad de la especie de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

COMPOSICIÓN	BIOMASA (t/ha)	CARBONO (t/ha)	% TOTAL DE CARBONO FIJADO
Edad 4 años			
Fuste	23.23	11.62	83.99
Ramas	1.37	0.69	4.97
Ramillas	0.58	0.29	2.10
Hojas	2.47	1.24	8.94
Total	27.66	13.83	100.00
Edad de 6 años			
Fuste	70.88	35.44	81.12
Ramas	8.67	4.34	9.93
Ramillas	5.19	2.60	5.94
Hojas	2.63	1.32	3.01
Total	87.37	43.69	100.00
Edad de 8 años			
Fuste	63.58	31.79	83.53
Ramas	7.65	3.83	10.05
Ramillas	1.38	0.69	1.81
Hojas	3.50	1.75	4.60
Total	76.12	38.06	100.00
Edad 15 años			
Fuste	136.50	68.25	85.43
Ramas	16.05	8.03	10.05
Ramillas	3.53	1.76	2.21
Hojas	3.69	1.85	2.31
Total	159.77	79.89	100.00

La distribución del carbono fijado muestra la relación directa existente entre la biomasa, es decir según los datos del Cuadro 11 representados gráficamente en las Figuras 7 y 8, el fuste es el que fija mayor carbono en comparación a las demás partes del árbol (ramas, ramillas y hojas).

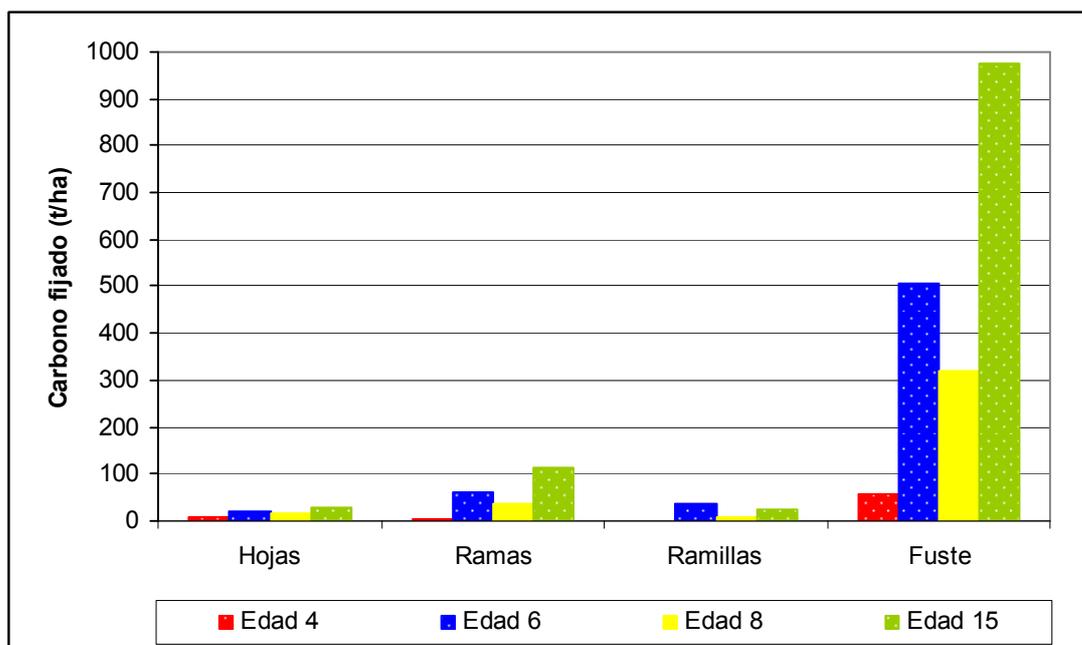


Figura 2.7. Estimación del Carbono fijado, de cada componente por edades de plantación en t/ha.

En la plantación de 4 años es evidente un manejo inadecuado ya que el contenido de carbono en las ramas, ramillas y hojas debiera ser relativamente alto, esto probablemente a que en plantaciones jóvenes los individuos tienden a crear un mayor área fotosintética que va incidir en su desarrollo fenológico.

Cabe destacar que en las plantaciones de edad 6 y 8 años respectivamente no existe una diferencia significativa aparentemente, pero en realidad la densidad de edad 6 años (350 árboles/ha) es menor que la de 8 años (500 árboles/ha) quedando en evidencia un inadecuado aprovechamiento o manejo y al mismo tiempo indicando que pueden existir varios individuos pero el tamaño de su fuste va a ser el indicador directo de biomasa y por ende el contenido de carbono.

Al mismo tiempo la edad de 15 años posee el mayor carbono fijado de todas, esto era de esperarse debido al incremento diamétrico y por ende fustal lo que repercute en la biomasa.

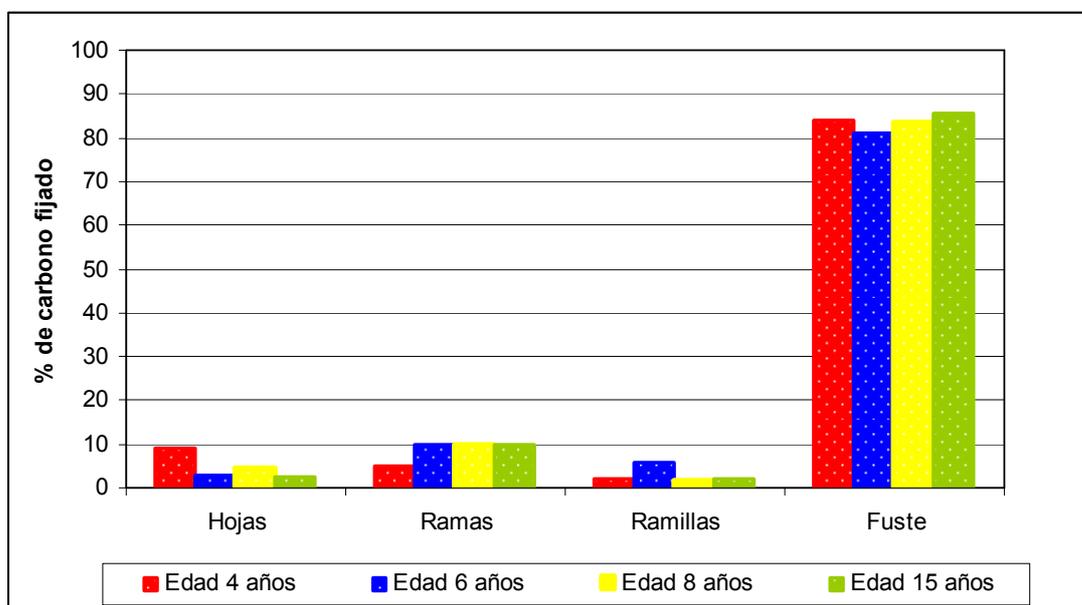


Figura 2.8. Estimación del porcentaje de carbono fijado por cada componente en relación al carbono total por edad de plantación.

El porcentaje de carbono fijado siempre va a ser mayor en el fuste, debido a que es donde se encuentra la mayor cantidad de biomasa (albura y duramen) como se observa en la Figura 2.8.

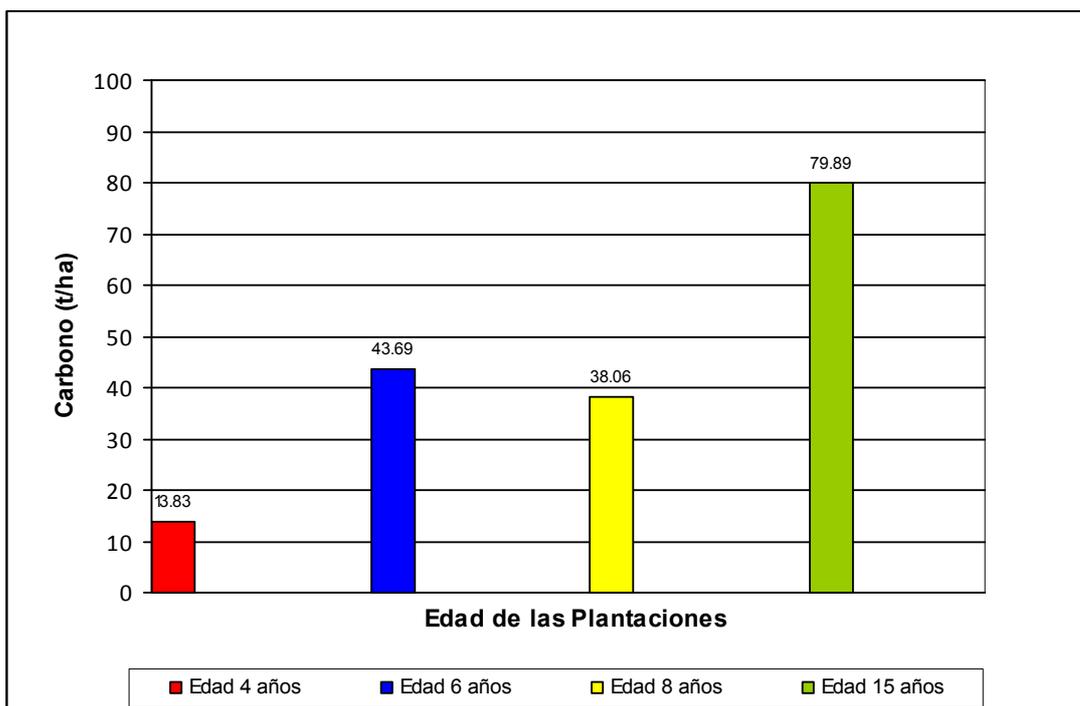


Figura 2.9. Carbono fijado en t/ha, por edad de las plantaciones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

Como se observa en la Figura 2.9 y como era de esperarse la edad de 15 años presentó la mayor cantidad de carbono fijado. Este es un nuevo modo de ver las tendencias que tienen las plantaciones por edad, ya que en estudios anteriores Córdova (2002) (7) y Lee (2002) (20) no se había analizado el carbono fijado para plantaciones, ni variables como edad y componente arbóreo, por lo que es difícil comparar los resultados, únicamente se puede inferir la capacidad de ésta especie para fijar carbono por individuo.

2.5.7 FACTOR DE EXPANSIÓN DE BIOMASA

El factor de expansión de biomasa se calculó relacionado la biomasa total y la biomasa del fuste, con el fin de crear un factor que corrija datos de inventarios forestales, ya que cuando se realizan inventarios forestales solo se toman en cuenta las variables diámetro a la altura del pecho DAP (1.3 m), y altura del árbol en pie, para obtener el volumen de la madera en un área determinada, por lo que con este factor se puede tomar en cuenta la biomasa almacenada en hojas, ramas y ramillas. En el Cuadro 2.12 se presenta el factor de expansión de biomasa (FEB) para la especie.

Para la utilización de este factor, se utiliza la biomasa del fuste (que se obtiene con las ecuaciones de la especie y la variable DAP) se multiplica por el factor de expansión de biomasa, y se resta al resultado.

$$\text{FEB} = (\text{Biomasa del fuste} * \text{FEB}) - \text{Biomasa del fuste}$$

Cuadro 2.12. Factor o índice de expansión de biomasa (FEB).

FACTOR DE EXPANSIÓN DE BIOMASA		
n	FEB	Desviación estándar
20	1.20163	0.06132

2.6. VALORACIÓN DE LA FIJACIÓN DEL CARBONO

La fijación de carbono es reconocida como un servicio ambiental que brindan las plantaciones y los bosques, para mitigar el aumento de la concentración de gases del efecto invernadero. En la valoración del servicio de bosques o plantaciones como sumideros de carbono se utilizan los precios del mercado de \$6 tC/ha, por el pago de estos servicios (26).

Este estudio, valora que las plantaciones de 4, 6, 8 y 15 años de edad, fijaron 13.83, 43.69, 38.06 y 79.89 tC/ha. Los costos económicos del secuestro de carbono, de estas plantaciones, oscila entre los precios de \$82.98, \$262.14, \$228.36, \$479.34 tC/ha, respectivamente. Es por ello la importancia de los pago de los servicios ambientales ya que contribuyen al desarrollo económico de la región. Como se aprecia en el Cuadro 2.13.

Cuadro 2.13. Valoración económica de tC/ha fijado.

Plantación	tC/ ha	Precio US\$ tC/ha
4 años	13.83	\$. 82.98
6 años	43.69	\$. 262.14
8 años	38.06	\$.228.36
15 años	79.89	\$. 479.34

2.7. CONCLUSIONES

- La biomasa total por encima del suelo, en edades de 4, 6, 8 y 15 años, fue de 27.66, 87.37, 76.12 y 159.77 t/ha respectivamente.
- Se estimó que las plantaciones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh de 4, 6, 8 y 15 años de edad, fijaron 13.83, 43.69, 38.06 y 79.89 tC/ha; respectivamente.
- La ecuación representativa para la estimación de biomasa fue:
 $Biomasa = 0.0334 (DAP)^{2.876}$ esta ecuación es la recomendable, pues presenta un coeficiente de determinación bastante alto (95%), por lo que el modelo es confiable para estimar biomasa.
- Con base en la biomasa, se generó el factor o índice de expansión de biomasa 1.20163 para *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.
- El porcentaje total de carbono fijado en las plantaciones de 4, 6, 8, 15 años por componente arbóreo respectivamente fue de 83.99%, 81.12%, 83.53%, 85.43% en el fuste; 4.97%, 9.93%, 10.05%, 10.05% en ramas; 2.10%, 5.94%, 1.81%, 2.21% en ramillas y; 8.94%, 3.01%, 4.60%, 2.31% en hojas. Queda en evidencia que el fuste es el componente arbóreo, en donde se da más la fijación de carbono.

2.8. RECOMENDACIONES

- 2.8.1 Para estudios futuros con respecto a este tema, se debe tomar en cuenta, la calidad de sitio, la variabilidad genética y el manejo forestal de las plantaciones o bien del área donde se realizará el estudio.
- 2.8.2 Incentivar negociaciones para la venta de bonos de carbono y acceder a inversiones para la creación de más plantaciones, repercutiendo en el incremento económico y aprovechamiento sostenible de plantaciones forestales de ciclo corto.
- 2.8.3 Utilizar los modelos generados en la investigación para conocer el carbono fijado en cualquier plantación de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, teniendo en cuenta que únicamente se requiere la variable DAP, para su implementación.
- 2.8.4 Generar más ecuaciones de biomasa para otras especies de importancia económica en Guatemala.

2.9. BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilar Maldonado, RM. 2004. Estimación del carbono fijado en plantaciones de *Pinus caribaea* var. hondurensis en función de su edad, en Livingston, Izabal, Guatemala. Tesis Ing. Forestal. Guatemala, Universidad del Valle de Guatemala. 100 p.
2. Alfaro M. 2006. CR. Informe subregional de Centroamérica. Italia, FAO. Consultado 08 set 2007. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/009/j7354s/j7354s07.htm>
3. Balbinot, R; Schumacher, MV; Watzlawick, LF; Sanquetta, CR. 2003. Inventario de carbono orgánico en plantaciones de 5 años de *Pinus taeda* en Río Grande, Brasil. Revista Ciencias Exactas y Naturales. 01- 10 p.
4. Banco Mundial, US. 2007. Situación del mercado de carbono (en línea). Consultado 05 set 2007. Disponible en <http://www.bancomundial.org/>
5. Banco Mundial, US. 2007. Situación y tendencias del mercado de emisiones de carbono (en línea). Consultado 05 set 2007. Disponible en www.marn.gob.sv/uploaded/content/category/1019641856.doc
6. Castellanos, E; Flores, C. 2006. Estimación del contenido de carbono en bosques del altiplano occidental de Guatemala. Guatemala, CARE. 65 p.
7. Córdova López, AL. 2002. Estimación de biomasa y carbono para *Pinus oocarpa* Schiede, *P. maximinoi* H.E Moore y *P. Caribeana* Morelet. var. Hondurensis en algunos bosques naturales de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala. USAC. 61 p.
8. Cruz S, JR De la. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
9. FAO, IT. 1981. El eucalipto en la repoblación forestal. Roma, Italia. 723 p.
10. Fundación Solar, GT. 2000. Elementos técnicos para inventarios de carbono en el uso del suelo (en línea). Ed. por Lilian Márquez. Guatemala. 33 p. Consultado 15 oct 2006. Disponible en: <http://www.winrock.org/fnrm/files/fundacionsolar.pdf>

11. Girón Hernández, JL. 1998. Distribución del volumen por producto para *Pinus maximinoi* H.E Moore, en los departamentos de Alta y Baja Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 70 p.
12. Global Warming, US. 1999. The Kyoto protocol. US. Consultado 20 oct 2006. Disponible en <http://www.api.org/globalclimate/wefastateimpacts.htm>
13. Gómez Gómez, LE. 2004. Valoración de bienes y servicios ambientales en los bosques naturales de pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder), en tres regimenes de propiedad, de los municipios San José Ojetenam, San Cristóbal Ixchiguan y Concepción Tutuapa. San Marcos. Tesis Ing. Agr. Quetzaltenango, Guatemala, USAC, Centro Universitario de Occidente, Facultad de Agronomía. 123 p.
14. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1968. Mapa geológico de la república de Guatemala; hoja Escuintla, no. 2058-IV. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
15. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1976. Mapa topográfico de la república de Guatemala: hoja Escuintla, no. 2058-IV. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
16. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2006. Programa de incentivos forestales (PINFOR) (en línea). Guatemala. Consultado 4 abr 2006. Disponible en <http://www.inab.gob.gt>
17. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2005. Listados de plantaciones del PINFOR 2005. Guatemala. 28 p.
18. INE (Instituto Nacional de Ecología, MX). 2005. México. Revista El Carbono. Consultado 26 set 2006. Disponible en: <http://www.ine.gob.mx/>
19. Krebs, CJ. 1985. Ecología. Trad. Jorge Blanco. 2 ed. México, Harla. 753. p.
20. Lee Pinto, GA. 2002. Estudio preliminar para la estimación de biomasa y cuantificación de carbono para *Vochysia guatemalensis*, *Calophyllum brasiliense* y *Cybistax donnell-smithii* en bosques naturales de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 75 p.
21. MacDicken, KG. 1997. A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects (en línea). Winrock International Institute for Agricultural Development (WRI). 1997. Forest carbon monitoring program. US. Consultado 28 mayo 2007. Disponible en: www.winrock.org./REEP/PUBSS.html.

22. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2001. Atlas temático de la república de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:250,000. Color. 1 CD.
23. Morales, FA. 2000. Estimación de una ecuación de biomasa para cuantificar el carbono que fija el árbol de hule (*Hevea brasiliensis*) en las plantaciones de la costa sur de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Quetzaltenango, Guatemala, USAC, Centro Universitario de Occidente, Facultad de Agronomía. 69 p.
24. Oyhantcabal W, UY. 2006. Servicios ambientales: situación y perspectivas del mercado de carbono (en línea). Consultado 05 set 2007. Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/opypa/ANUARIOS/Anuario06/docs/47%20%20servicios%20ambientales.pdf>
25. PRISMA (Programa Salvadoreño de Investigación sobre Desarrollo y Medio Ambiente, SV). 1999. Comercio de servicios ambientales y desarrollo sostenible en Centroamérica. El Salvador (en línea). Consultado 07 set 2007. Disponible en <http://www.tradeknowledgenetwork.net/pdf/prismafullrpts.pdf>
26. Quilo Coronado, AE. 2006. Estimación del carbono almacenado por el sistema agroforestal de salvia (*Buddleia megaloccephala*) y papa (*Solanum tuberosum*), ubicado en el municipio de San José Ojetenam, San Marcos. Tesis Ing. Forestal. Guatemala, Universidad del Valle de Guatemala. 60 p.
27. Simmons, CS; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. 1,000 p.

2.10. ANEXOS

Cuadro 2.14A. Estimación de carbono en toneladas y de Biomasa en Kg por árbol.

No. árbol	Biomasa (Kg)					Carbono (Kg)					Carbono (Ton/árbol)
	Fuste	Ramas	Ramilla	Hojas	TOTAL	Fuste	Ramas	Ramilla	Hojas	TOTAL	
1	29.2568	1.7264	0.9386	3.2793	35.2011	14.6284	0.8632	0.4693	1.6397	17.6006	0.0176
2	22.7914	1.2458	0.5656	2.1448	26.7476	11.3957	0.6229	0.2828	1.0724	13.3738	0.0134
3	23.4082	1.2956	0.2050	1.6785	26.5872	11.7041	0.6478	0.1025	0.8393	13.2936	0.0133
4	16.6479	1.9148	0.6997	2.8077	22.0701	8.3239	0.9574	0.3498	1.4039	11.0350	0.0110
5	24.0519	0.6895	0.4980	2.4492	27.6887	12.0260	0.3447	0.2490	1.2246	13.8443	0.0138
6	61.8158	13.1612	2.9271	4.5420	82.4461	30.9079	6.5806	1.4635	2.2710	41.2231	0.0412
7	286.3598	30.2689	11.6533	8.1492	336.4312	143.1799	15.1345	5.8266	4.0746	168.2156	0.1682
8	234.7151	5.3824	45.7633	10.8179	296.6787	117.3576	2.6912	22.8817	5.4089	148.3394	0.1483
9	239.7749	45.9306	7.5288	8.4200	301.6543	119.8875	22.9653	3.7644	4.2100	150.8271	0.1508
10	189.8730	29.1570	6.2992	5.6468	230.9760	94.9365	14.5785	3.1496	2.8234	115.4880	0.1155
11	102.2892	13.2644	1.8622	5.3622	122.7780	51.1446	6.6322	0.9311	2.6811	61.3890	0.0614
12	155.1738	19.3969	3.6369	9.3042	187.5118	77.5869	9.6985	1.8185	4.6521	93.7559	0.0938
13	173.6926	22.8541	3.8842	10.5194	210.9504	86.8463	11.4271	1.9421	5.2597	105.4752	0.1055
14	114.9672	12.1924	1.9436	4.3951	133.4983	57.4836	6.0962	0.9718	2.1975	66.7491	0.0667
15	89.7222	8.7942	2.4722	5.4622	106.4508	44.8611	4.3971	1.2361	2.7311	53.2254	0.0532
16	585.7533	70.4116	14.1963	13.5675	683.9286	292.8767	35.2058	7.0981	6.7837	341.9643	0.3420
17	313.8768	26.8714	9.0606	8.8968	358.7057	156.9384	13.4357	4.5303	4.4484	179.3528	0.1794
18	554.2566	40.2849	15.0718	18.2004	627.8137	277.1283	20.1425	7.5359	9.1002	313.9069	0.3139
19	388.0787	82.1465	10.6262	10.5926	491.4440	194.0393	41.0732	5.3131	5.2963	245.7220	0.2457
20	108.0551	9.5960	1.4614	1.4951	120.6076	54.0275	4.7980	0.7307	0.7475	60.3038	0.0603

Cuadro 2.15A. Cálculo del factor o índice de Expansión.

No de árbol	Biomasa Fuste (Kg)	Biomasa Total (Kg)	FEB
1	29.2567952	35.2011152	1.20317741
2	22.7914381	26.7476157	1.17358175
3	23.4082176	26.5872484	1.13580832
4	16.6478875	22.0700878	1.325699
5	24.051944	27.6886913	1.15120388
Subtotal 1-5			
6	61.8158349	82.4461143	1.33373778
7	286.359812	336.431197	1.17485479
8	234.71511	296.678701	1.26399489
9	239.774926	301.654253	1.25807256
10	189.873	230.976048	1.21647653
Subtotal 6-10			
11	102.289173	122.777963	1.20030262
12	155.173753	187.511763	1.20839871
13	173.692622	210.950373	1.21450394
14	114.967193	133.498289	1.16118595
15	89.7221517	106.450763	1.18644907
Subtotal 11-15			
16	585.753326	683.928628	1.1676052
17	313.876838	358.705678	1.14282303
18	554.256616	627.813734	1.13271311
19	388.078679	491.443956	1.26635134
20	108.055084	120.607582	1.11616758
		Factor de expansión	1.20165537

Cuadro 2.17A. Resumen del Inventario Forestal realizado en las plantaciones de las Fincas Margaritas y Cristalinas.

EDAD (años)	PARCELA	ALTURA PROMEDIO (M)	ÁREA BASAL PARCIAL (M²)	VOLUMEN PARCIAL (M³)
4	1	11.5	0.16897	0.971578
	2	13	0.1495268	0.9719242
6	1	12.5	0.110062	0.6878875
	2	12.9	0.184713	1.19139885
	3	8	0.028106	0.112424
	4	9.9	0.120188	0.5949306
8	1	16.4	0.187948	1.5411736
	2	18.3	0.1435874	1.31382471
	3	13	0.378431	2.4598015
	4	13.8	0.360652	2.4884988
15	1	21.5	0.359479	3.86439925
	2	21.5	0.65826	7.076295
	3	24	0.4926305	5.911566
	4	23	0.502417	5.7777955

Cuadro 2.18A. Boleta para datos de campo.

BOLETAS PARA TOMA DE DATOS DE CAMPO																								
Fecha: _____ Finca: _____ No. de árbol: _____ Pendiente %: _____ Suelo: _____																								
1. MEDIDAS TOTALES ÁRBOL DAP (cm.): ____ A copas (m): ____ Altura (m): ____ Longitud (m): ____																								
2. MEDIDAS DE FUSTE																								
Rodaja	m	cm.	Vol. m ³	Peso g	No. muestra	Peso con bolsa	Peso bolsa	Peso húmedo																
1																								
2																								
3																								
4																								
5																								
6																								
7																								
8																								
9																								
10																								
TOTAL																								
3. MUESTRAS DE HOJAS (Ho):																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>No. muestra</th> <th>P. húmedo</th> <th>P. bolsa</th> <th>Peso c/ bolsa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>									No. muestra	P. húmedo	P. bolsa	Peso c/ bolsa												
No. muestra	P. húmedo	P. bolsa	Peso c/ bolsa																					
4. MUESTRA DE RAMAS (Ra)																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>No. muestra</th> <th>P. húmedo</th> <th>P. bolsa</th> <th>Peso c/ bolsa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>									No. muestra	P. húmedo	P. bolsa	Peso c/ bolsa												
No. muestra	P. húmedo	P. bolsa	Peso c/ bolsa																					
5. MUESTRA DE RAMILLAS (Ram)																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>No. muestra</th> <th>P. húmedo</th> <th>P. bolsa</th> <th>Peso c/ bolsa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>									No. muestra	P. húmedo	P. bolsa	Peso c/ bolsa												
No. muestra	P. húmedo	P. bolsa	Peso c/ bolsa																					

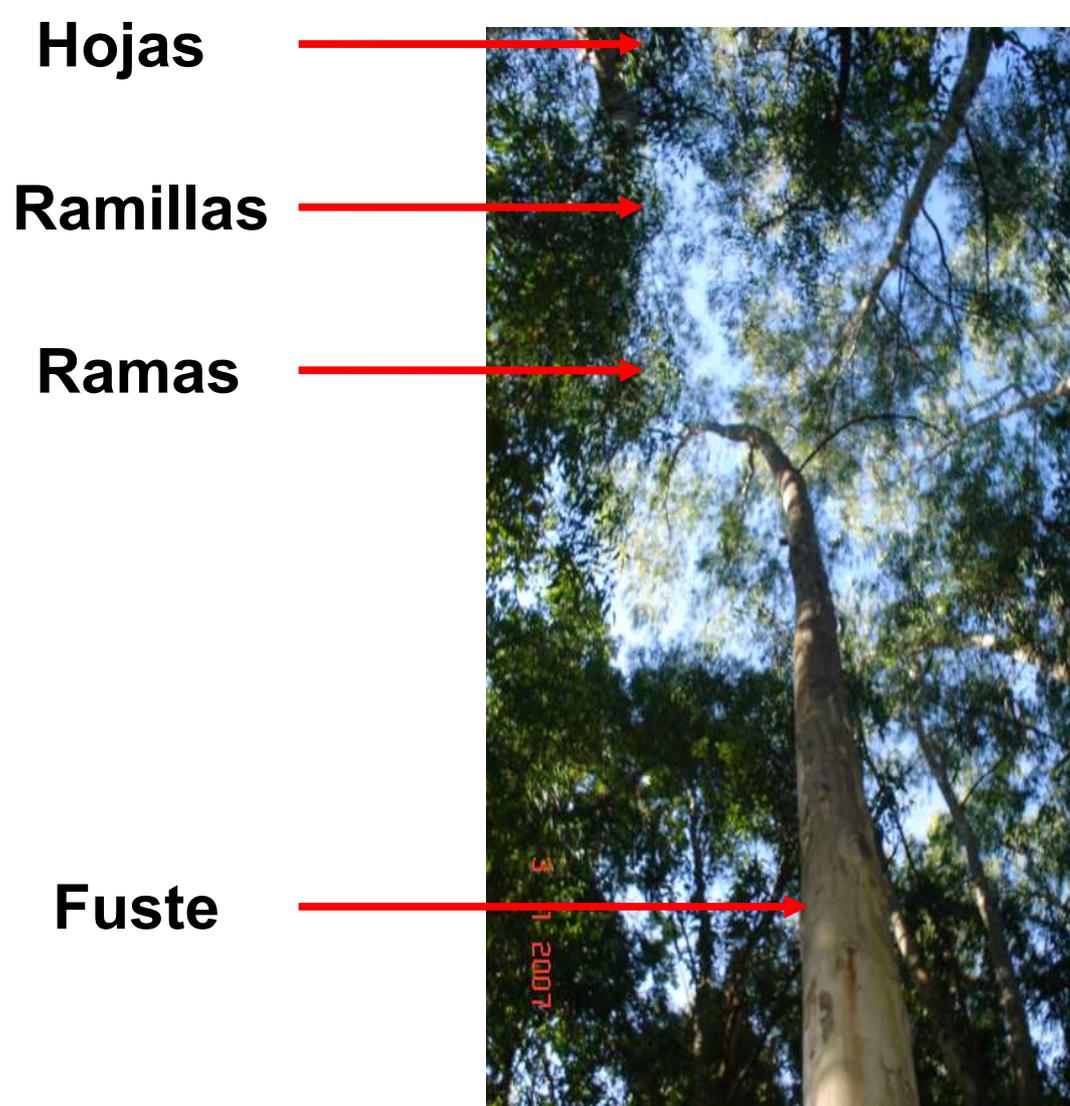


Figura 2.10A. Estratos muestreados del árbol *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

**CAPÍTULO III. SERVICIOS PRESTADOS EN LA EMPRESA PANTALEÓN S.A. EN
SIQUINALÁ, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA.**

3.1 PRESENTACIÓN

El ingenio Pantaleón S.A fue fundado el 20 de Agosto de 1849 en el municipio de Siquinalá departamento de Escuintla. En sus primeras etapas estaba dedicado exclusivamente a la producción de caña de azúcar, con generación de electricidad para consumo propio y de las comunidades vecinas.

Con el transcurrir de las décadas y con la necesidad de brindar un mejor beneficio tanto a los pobladores como al medio ambiente, el ingenio Pantaleón S.A. adquiere fincas con masas boscosas tales como “Eminencia” y “Cristalinas”.

Pero debido a que estas fincas poseen plantaciones forestales diversas (coníferas y latifoliadas) en desarrollo, surgen iniciativas en el año 2000 para que estas tengan un objetivo primordial; el de producción de madera (leña) para uso energético exclusivamente. Es por ello que es necesario mantener una diversificación creando así programas y subprogramas de manejo forestal y controles sanitarios dirigidos a dichas plantaciones, en pro de un desarrollo sustentable con tecnologías nuevas e innovadoras que busquen la maximización de la producción.

Dentro del programa Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Agronomía, se realizaron los servicios de Control de malezas en la plantación de (*Eucalyptus urograndis*) en la Finca Eminencia, Ingenio Concepción, Escuintla, Guatemala. Generación de mapas geográficos de información biofísica de las fincas eminencia y cristalinas de la empresa. Educación ambiental en la escuela PANTALEÓN S.A. y Diseño de zanjias de infiltración en Finca El Baúl, Ingenio Pantaleón S.A. los servicios se llevaron a cabo durante un periodo de 10 meses, dentro de las propiedades de la empresa. A continuación se describen los servicios realizados:

El servicio de control de malezas en la plantación de *Eucalyptus urograndis*, se realizó en la Finca Eminencia, Ingenio Concepción en el departamento de Escuintla.

Al igual que el segundo servicio, se realizó también en dicha finca pues consistió en generar de los mapas de los aspectos biofísicos de las dos fincas (Finca Eminencia y Cristalinas) en que están establecidas las plantaciones forestales.

El tercer servicio fue, educación ambiental en la escuela PANTALEÓN S.A. a niños y niñas de primaria con pláticas sobre el medio ambiente, el bosque, el suelo, el agua, peces y el manejo de la basura.

El último servicio fue el Diseño de zanjas de infiltración en Finca El Baúl, Ingenio Pantaleón S.A. donde se elaboró la planificación, diseño, donde se buscó reducir la erosión de esta zona y a la vez mejorar la infiltración para recargar los mantos acuíferos.

3. 2. SERVICIOS EJECUTADOS

3.2.1 CONTROL DE MALEZAS EN LA PLANTACIÓN DE *Eucalyptus urograndis* EN LA FINCA EMINENCIA, INGENIO CONCEPCIÓN, ESCUINTLA, GUATEMALA.

3.2.1.1 INTRODUCCIÓN

El control de malezas es una de las prácticas importantes dentro del manejo de las plantaciones en Finca Eminencia, debido a la proliferación y el rápido crecimiento de las mismas, las plantaciones se ven afectadas, ya que estas compiten con los árboles sembrados por nutrientes, agua, luz etc. Siendo aún más afectadas las recién establecidas, ya que durante los primeros 20 días después del transplante, las malezas se desarrollan, y algunas de tipo trepadoras, envuelven los arbolitos de *Eucalyptus urograndis* y no permiten su desarrollo normal, hasta ocasionar su muerte en algunos casos, el control de dichas plantas no deseables ocasiona un incremento considerable en los costos de manejo de la plantación ya que origina el uso de más mano de obra.

El uso de herbicidas para el control de malezas en estas plantaciones es una buena alternativa, por lo cual es necesario generar información acerca de la respuesta de diferentes mezclas de herbicidas que puedan brindar un control efectivo de las mismas, sin afectar el desarrollo de los árboles recién sembrados.

El propósito de este ensayo fue el de generar la información para verificar que mezcla de herbicidas brinda el mejor control de malezas predominantes.

3.2.1.2 OBJETIVOS

GENERAL

Evaluar la efectividad de los herbicidas en el control de las malezas en la plantación de *Eucalyptus urograndis*, en Finca Eminencia.

ESPECÍFICOS

- Realizar un análisis del uso de los diferentes herbicidas para brindar un mejor control de las malezas en las plantaciones de *Eucalyptus urograndis*.
- Establecer el registro de las especies de malezas resistentes a los productos a evaluar.
- Evaluar costos con la aplicación de los herbicidas para el control de malezas.

- **Delimitación del área de estudio**

Se ubicó el ensayo, en las áreas asignadas para la realización de los mismos en Finca Eminencia.

- **Elaboración de la Boleta de Campo**

Se desarrollaron todos los formatos necesarios entre ellos la boleta, que se utilizó en el campo.

FASE II: CAMPO

- **Montaje del ensayo**

Se realizó con la asesoría del personal profesional y técnicos de la empresa así como con el apoyo de personal de campo, se procedió a delimitar el área, estableciendo como parcela experimental 10 arbolitos. Se definieron cuatro tratamientos (mezclas de herbicidas) con cuatro repeticiones.

- **Lecturas de campo**

Se tomaron datos para determinar el porcentaje de cobertura de las malezas en ambos ensayos, donde se tomaron lecturas a los 15, 30, 45 días después de establecido el ensayo.

FASE III: GABINETE FINAL

La sistematización de la información, análisis del experimento y presentación del informe final y la descripción del mejor tratamiento y su análisis de costos.

3.2.1.5 RESULTADOS

- Participación en la elaboración de mezclas y tratamientos para el establecimiento del ensayo.
- Conferencias del manejo adecuado de herbicidas.
- Participación en talleres de protección y manejo de equipo de seguridad.
- Elaboración de informe final.

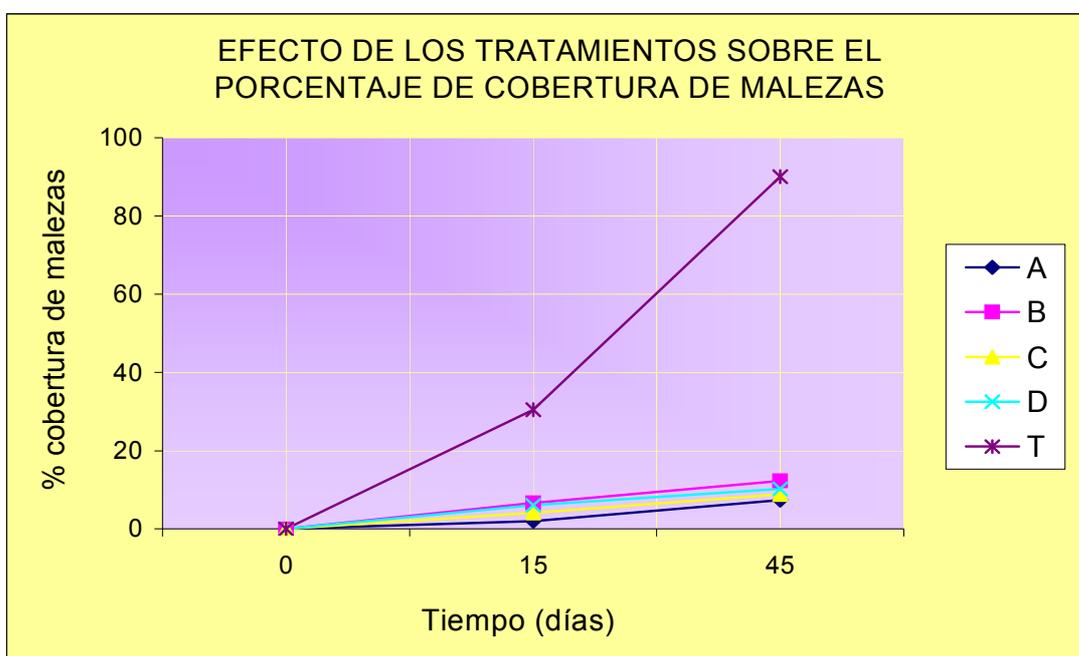


Figura 3.1. Grafica del efecto de los tratamientos aplicados en el ensayo 1.

Cuadro 3.1. Resultados del porcentaje de control de malezas del ensayo 1.

Trat	Composición del tratamiento	Lectura No. 1 15 días	Lectura No. 2 30 días	Lectura No. 3 45 días
A1	Sahara (1kg/ha) Prowl (2 lts)	0	0.56	1.8
A2	Sahara (1kg/ha) Prowl (2 lts)	0	3.58	3.8
A3	Sahara (1kg/ha) Prowl (2 lts)	0	3.18	11.75
A4	Sahara (1kg/ha) Prowl (2 lts)	0	0.74	12
		κ	2.02	7.34
B1	Velpar 0.5 Kg.+ karmex 1 Kg. + adherente 0.5 Lt	0	1.46	2.20
B2	Velpar 0.5 Kg.+ karmex 1 Kg. + adherente 0.5 Lt	0	12.06	20.50
B3	Velpar 0.5 Kg.+ karmex 1 Kg. + adherente 0.5 Lt	0	4.52	11.4
B4	Velpar 0.5 Kg.+ karmex 1 Kg. + adherente 0.5 Lt	0	8.66	1 5
		κ	6.68	12.28
C1	Sahara. 1.5 kg/ha + Prowl +2 Lt/ha + Adherente0.5 Lt/ha	0	3.36	3.50
C2	Sahara. 1.5 kg/ha+Prowl +2 Lt/ha +Adherente0.5 Lt/ha	0	0.66	12.9
C3	Sahara. 1.5 kg/ha+Prowl +2 Lt/ha + Adherente0.5 Lt/ha	0	5.32	5.50
C4	Sahara. 1.5 kg/ha+Prowl +2 Lt/ha + Adherente0.5 Lt/ha	0	6.92	13.50
		κ	4.07	8.85
D1	Plateau 150gr./ha + adherente 0.5 Lt/ha	0	4.62	5.50
D2	Plateau 150gr./ha + adherente 0.5 Lt/ha	0	6.34	14.50
D3	Plateau 150gr./ha + adherente 0.5 Lt/ha	0	7.46	10.50
D4	Plateau 150gr./ha + adherente 0.5 Lt/ha	0	5.76	10.50
		κ	6.05	10.25
T		0	30.5	90

Todos los tratamientos mostraron un buen control de malezas a los siete días después de la aplicación. A los quince días se hizo la primera lectura, donde los tratamientos se mostraron similares, ejerciendo un control eficaz sobre las malezas. Luego de la segunda y tercer lectura (a los 30 y 45 días después de la aplicación respectivamente), se notaron diferencias entre los tratamientos, la mayor efectividad en el control de malezas se obtuvo en los tratamientos A y D.

Esto se debe fundamentalmente a que estos productos son de amplio espectro, rápida absorción y no muy exigentes a las condiciones edafoclimáticas. Y las de menor efectividad se obtuvieron en los tratamientos B y C.

Cuadro 3.2. Resultados del porcentaje de control de malezas del ensayo 2.

Trat.	Composición del tratamiento	Porcentaje De Malezas Controlado.
A1	2,4 D 1.5 Lt./ha + Ametrina 2 Lt/ha + Adherente 0.5 Lt/ha	25%
A2	2,4 D 1.5 Lt./ha + Ametrina 2 Lt/ha + Adherente 0.5 Lt/ha	25%
B1	Baton1 Kg. /ha.+ Ametrina 1.5 Lt/ha + Adherente 0.5 Lt	40%
B2	Baton1 Kg. /ha.+ Ametrina 1.5 Lt/ha + Adherente 0.5 Lt	40%
C1	Arsenal 0.7 Lt./ha +Glifosato 1.5 Lt/ha +Adherente 0.5 Lt/ha	90%
C2	Arsenal 0.7 Lt./ha +Glifosato 1.5 Lt/ha +Adherente 0.5 Lt/ha	90%
T		0%

La mezcla del tratamiento D, Plateau 150gr./ha + adherente 0.5 Lt/ha fue la más efectiva, tomando en cuenta el control efectuado y el costo de la misma, (**\$0.20** por día control), este tratamiento puede aportar un ahorro en las actividades de control de malezas, reduciendo costos en el mantenimiento de dichas plantaciones por concepto de mano de obra.

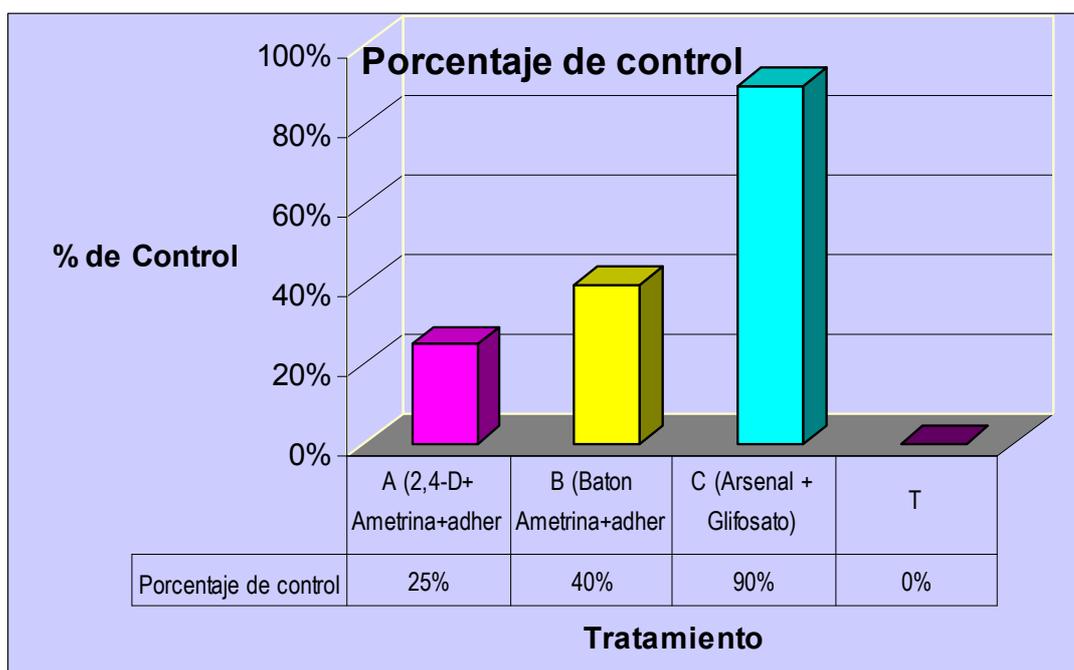


Figura 3.2. Grafica del efecto de los tratamientos aplicados en el ensayo 2.

El mejor tratamiento, fue la mezcla de Arsenal 0.7 Lt./ha + Glifosato 1.5 Lt/ha +Adherente 0.5 Lt/ha, (tratamiento C) donde se observó que la mayor parte de las malezas fueron controladas, y por consiguiente se recomienda utilizarse en épocas de invierno, donde el crecimiento de las malezas es más agresivo y el riesgo de quemas accidentales es nulo. El costo de la mezcla es de \$. 27.46, y el costo por día control a los 45 días fue de \$. 0.61, sin embargo por los resultados observados se considera que el efecto de control puede prolongarse por mucho más tiempo, reduciendo aun más este costo.

• ANÁLISIS DE COSTOS

Cuadro 3.3. Resultados del análisis de costos del ensayo 1.

Trat	Productos	Dosis/Ha	Costo del producto (unidad)	Costo de mezcla/ha	Costo día / control (45 días)
A.	Sahara + Prowl + Adherente	1 Kg./ha 2 Lt/ha 0.5 Lt/ha	\$. 18.00 Lt.	\$. 18.00	\$. 34.01/45
			\$. 7.52 Lt.	\$. 15.04	
			\$. 1.94 Lt.	\$. 0.97	
				\$. 34.01	\$. 0.75
B.	Velpar + Karmex + Adherente	0.5 Kg. 1 Kg. 0.5 Lt	\$. 39.75 Kg.	\$. 19.88	\$. 27.94/45
			\$. 7.09 Kg.	\$. 7.09	
			\$. 1.94 Lt.	\$. 0.97	
				\$. 27.94	\$. 0.62
C.	Sahara.+ Prowl + Adherente	1.5Kg./ha 2 Lt/ha 0.5 Lt/ha	\$. 18.00 Lt.	\$. 27.00	\$. 49.74/45
			\$. 7.52 Lt.	\$.21.36	
			\$. 1.94 Lt.	\$. 1.38	
				\$. 49.74	\$. 1.11
D	Plateau + Adherente	150gr./ha 0.5 Lt/ha	\$. 52.5 Kg.	\$. 7.88	\$. 9.08/45
			\$. 1.94 Lt.	\$. 1.20	
					\$.0.20

Cuadro 3.4. Resultados del análisis de costos del ensayo 2.

Trat	Productos	Dosis/ha	Costo del producto	Costo de mezcla	Costo día/control (45 días)
A.	2,4-D + Gesapax + Adherente	1.5 Lt./ha 2 Lt/ha 0.5 Lt/ha	\$. 2.67 Lt	\$. 4.05	\$. 12.86/45
			\$. 3.92 Lt	\$. 7.84	
			\$. 1.94 Lt	\$. 0.97	
				\$. 12.86	\$. 0.29
B.	Baton + Gesapax Adherente	1 Kg. /ha. 1.5 Lt/ha 0.5 Lt	\$. 20.00 k	\$. 20.00	\$. 27.00/45
			\$. 4.02 Lt	\$. 6.03	
			\$. 1.94 Lt	\$. 0.97	
				\$. 27.00	\$. 0.6
C.	Arsenal + Touchdown+ Adherente	0.7 Lt./ha 1.5 Lt/ha 0.5 Lt/ha	\$. 24.24 Lt	\$. 16.97	\$. 27.46/45
			\$. 6.35 Lt	\$. 9.52	
			\$. 1.94 Lt	\$. 0.97	
				\$. 27.46	\$. 0.61

3.2.1.5 CONCLUSIONES

- En el ensayo No. 1 el tratamiento de Plateau 150gr/ha + adherente 0.5 Lt/ha, (tratamiento D), aunque no fue la más efectiva en el control de malezas, es la más conveniente a utilizar por su menor costo, \$. 9.28, tomando en cuenta que no existen diferencias significativas de control entre los tratamientos. El ensayo No. 2, el tratamiento C, la mezcla de Arsenal 0.7 Lt./ha + Glifosato 1.5 Lt/ha + Adherente 0.5 Lt/ha, fue el más efectivo, el costo de la mezcla es de \$. 27.46, y el costo por día control a los 45 días es de \$. 0.61,
- En el ensayo No. 2 se observó que los (bejucos) *Ipomoea nil*, *Ipomoea purpurea*, resultaron ser las especies resistentes a la Ametrina, composición del producto Gesapax.
- Las mezclas evaluadas no mostraron síntomas visuales de fototoxicidad sobre la plantación de *Eucalyptus urugrandis*.

3.2.1.6 RECOMENDACIONES

1. Utilizar la mezcla de Plateau 150gr/ha + adherente 0.5 Lt/ha, en el control de malezas en la etapa de pre-emergencia, en el plateo y además de ello aplicar una mezcla que permita controlar la incidencia de malezas en las rondas, pues esto también ocasiona la proliferación de las mismas en la plantación.
2. Podría aplicarse la mezcla de Tratamiento B, que es velpar 0.5 kg + Karmex 1kg + Adherente 0.5 Lt, que mostró resultados similares, y el costo de la mezcla es de \$. 27.94, y el costo día control es de \$. 0.62.

3. Utilizar la mezcla de Arsenal 0.7 Lt./ha +Glifosato 1.5 Lt/ha +Adherente 0.5 Lt/ha en el control de malezas en la etapa de post-emergencia.
4. Evaluar estas mezclas bajo otras situaciones, que incluyan otras condiciones y otras etapas del ciclo de crecimiento y desarrollo de las plantaciones.

3.2.1.7 EVALUACIÓN

- El porcentaje de control proporcionado por el herbicida plateau fue el más efectivo.
- Inventario de malezas, antes y después de la aplicación de herbicidas.
- Susceptibilidad de malezas a los productos aplicados.
- Análisis de costos de aplicación de las mezclas de herbicidas.
- Uso manejo aplicación de herbicidas en los cultivos
- Apoyo a la realización de muestreos de malezas y establecimientos de ensayos.

La realización de este servicio se llevó a cabo en un 80%, en base a los objetivos y metas que se trazaron inicialmente, siendo satisfactoria su ejecución.

3.2.1.8 ANEXOS



Figura 1. Preparación de mezclas de los tratamientos.



Figura 2. Aplicación de tratamientos.



Figura 3. Presencia de malezas.



Figura 4. Registro del porcentaje de incidencia.



Figura 5. Segunda lectura a los 30 días de la aplicación.



Figura 6. Ensayo No. 1 tratamiento A 2,4 D + *Ametrina*



Figura 7. Ensayo No. 2 tratamiento B *Baton* + *Ametrina*



Figura 8. Ensayo No. 3 tratamiento C *Arsenal* + *Glifosato*

3.2.2 GENERACIÓN DE MAPAS GEOGRÁFICOS DE INFORMACIÓN BIOFÍSICA DE LAS FINCAS EMINENCIA Y CRISTALINAS DE LA EMPRESA.

3.2.2.1 INTRODUCCIÓN

La elaboración de mapas temáticos de las Fincas Cristalinas y Eminencia, trata de brindar información actual de las condiciones biofísicas y al mismo tiempo permite ser una consulta, ya que representa un beneficio para la empresa debido a que son un complemento de referencia en los proyectos que se ejecutaran, en dichas áreas.

Para la ejecución de dichos mapas se utilizaron los programas Arc Gis y Arc View, la toma de coordenadas, se realizó por medio de caminamientos en las áreas de interés, con (GPS) dichos mapas son de vital importancia para la empresa Pantaleón, ya que brinda una referencia para la implementación de planes de manejo entre otros.

3.2.2.2 OBJETIVOS

GENERAL

Generar las mapas de las Fincas forestales Eminencia y Cristalinas, de la empresa Pantaleón S.A. con el propósito de visualizar los recursos biofísicos existentes en las zonas.

ESPECÍFICOS

- Analizar, estudiar e investigar, la información básica sobre aspectos biofísicos, geomorfología, cobertura vegetal, para el manejo y aprovechamiento de los recursos con que cuentan las áreas de estudio.
- Crear una fuente de referencia, para poder evaluar los cambios biofísicos que sufre la zona.
- Aportar la información de las áreas, para tomar medidas de prevención en caso de alertas e incendios de la cobertura forestal.

3.2.2.3 METODOLOGÍA

FASE I GABINETE

RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Se recolectó información bibliográfica y cartográfica con el fin de visualizar la disposición espacial de las fincas. Además se establecieron fechas para llevar a cabo las actividades previamente programadas.

FASE II CAMPO

RECONOCIMIENTO DEL ÁREA DE ESTUDIO

En esta fase se realizó la observación y toma de datos directa del área, por medio de visitas de reconocimiento, apoyándose en el uso de: croquis de la empresa, hoja cartográfica, y sistema de geoposicionamiento global (GPS) monitoreando las colindancias de las fincas y el área total de las mismas, con el fin de realizar los mapas geográficos.

FASE III GABINETE FINAL

REALIZACIÓN DE MAPAS GEOGRÁFICOS

La información fue ordenada y procesada para desarrollar los mapas de las respectivas fincas, con base al programa ARC VIEW, generando mapas de las características biofísicas de las áreas de estudio.

3.2.2.4 RESULTADOS

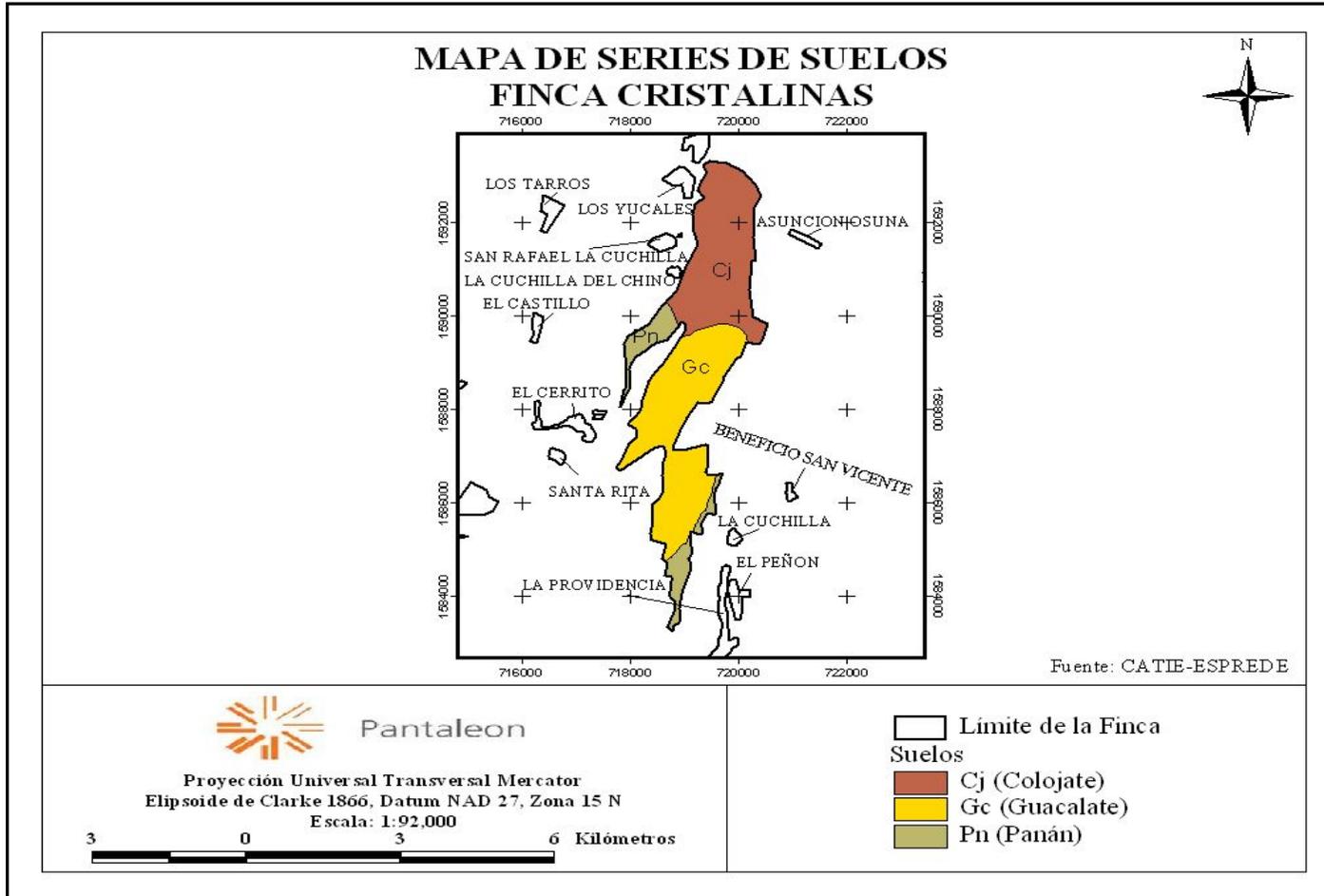


Figura 3.2. Mapa de serie de suelos de la Finca Cristalinas.

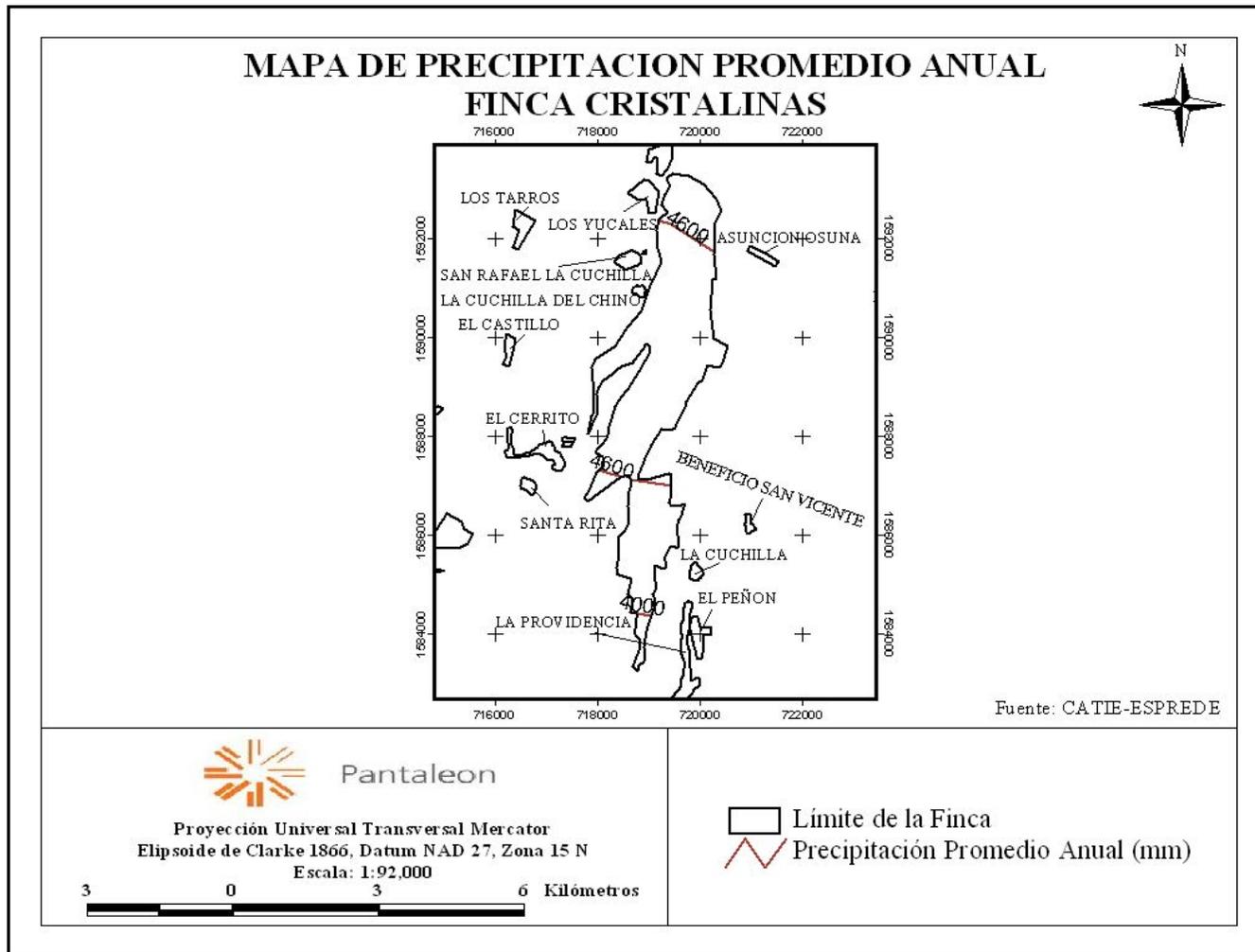


Figura 3.3. Mapa de precipitación anual Finca Cristalinas.

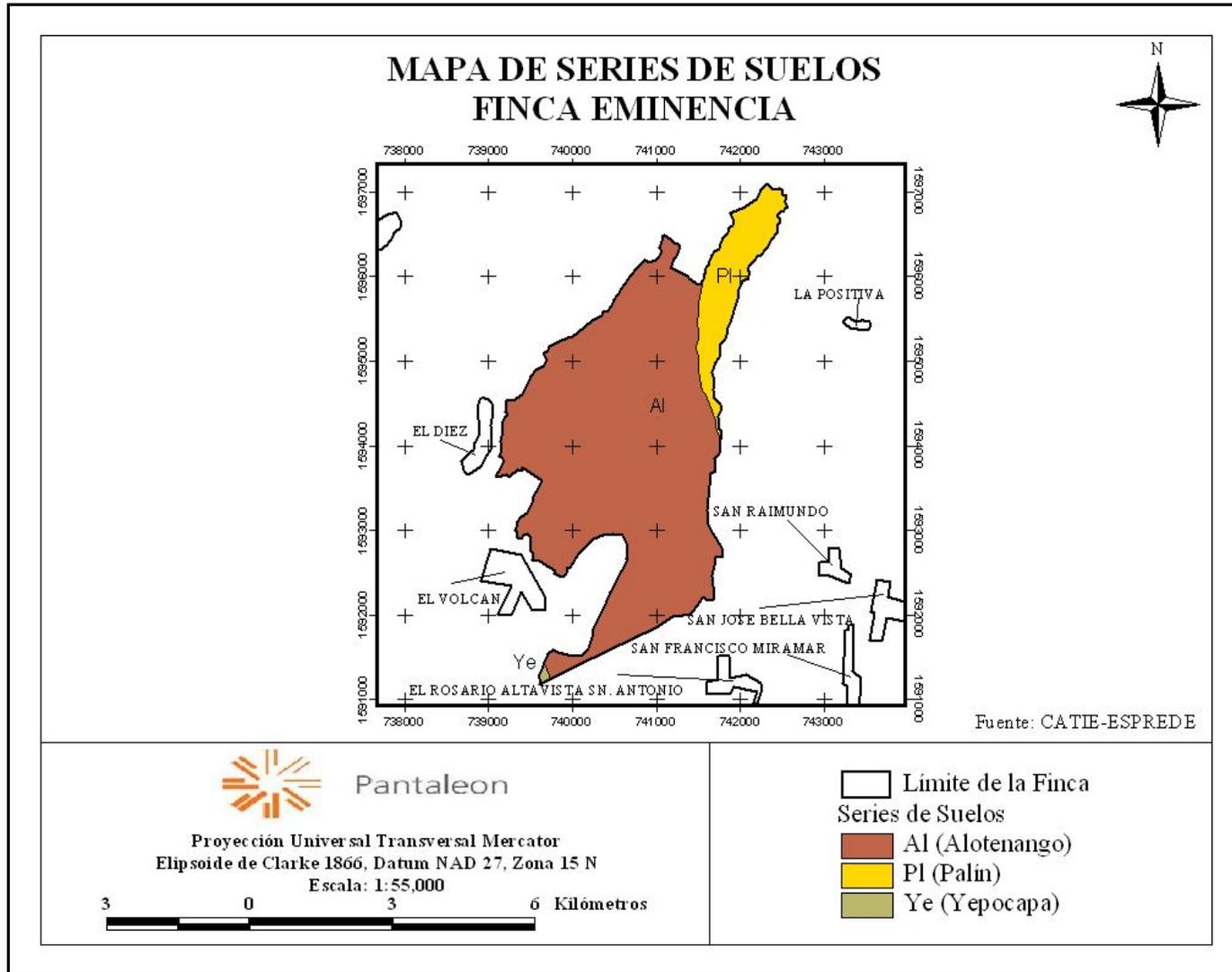


Figura 3.4. Mapa de suelos de la Finca Eminencia.

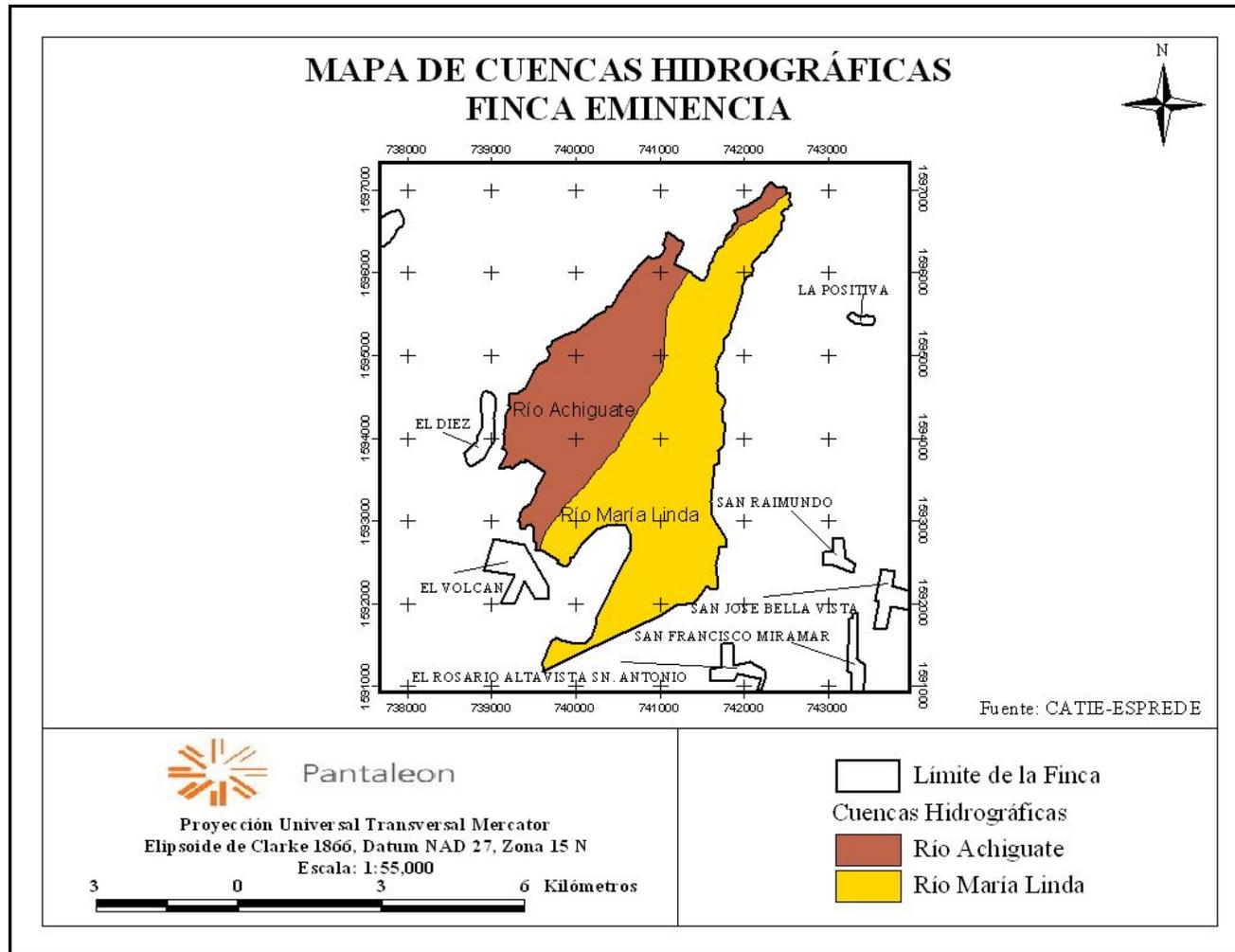


Figura 3.5. Mapa de cuencas hidrográficas de la Finca Eminencia.

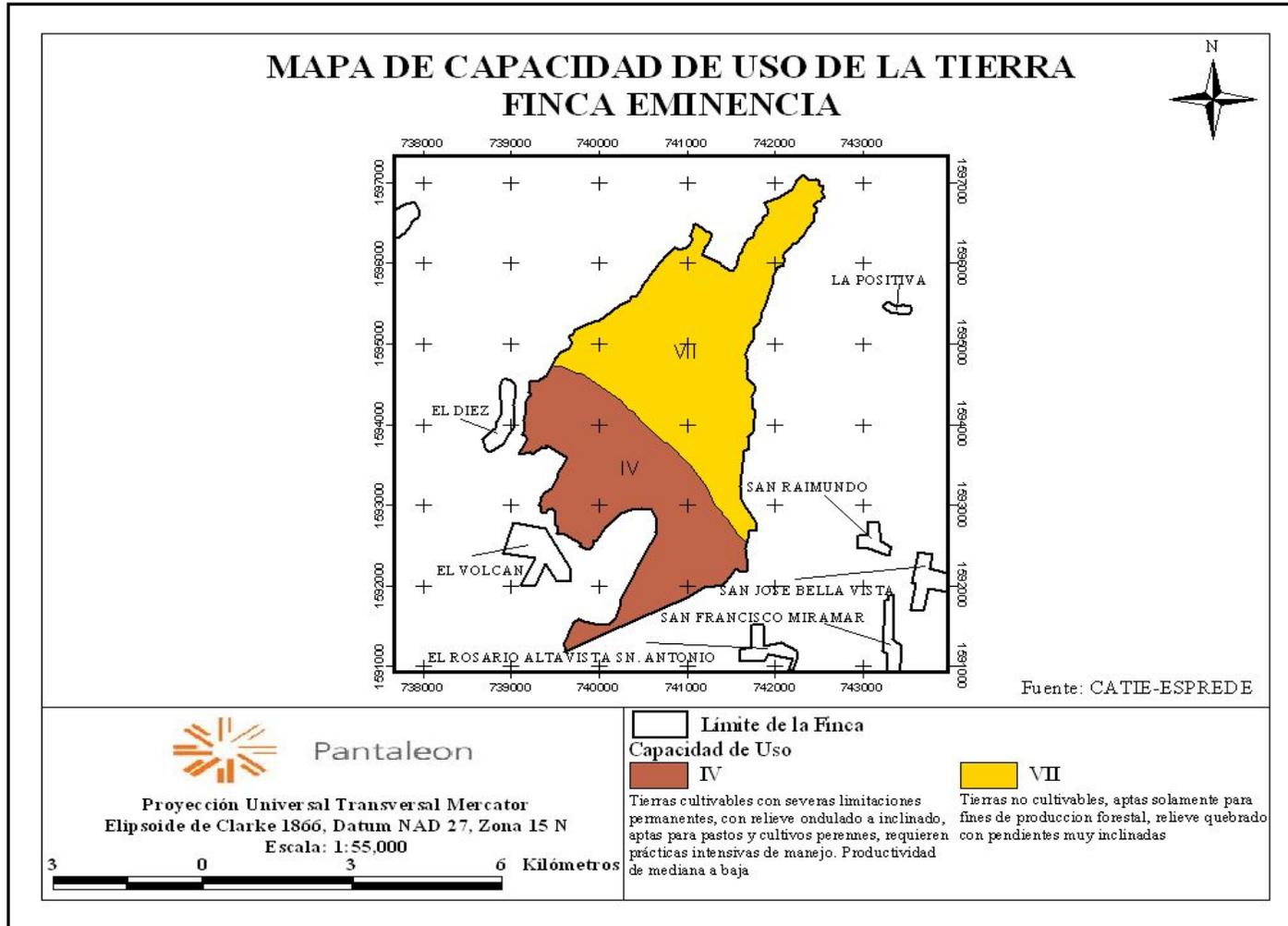


Figura 3.6. Mapa de capacidad de uso de la tierra en la Finca Eminencia.

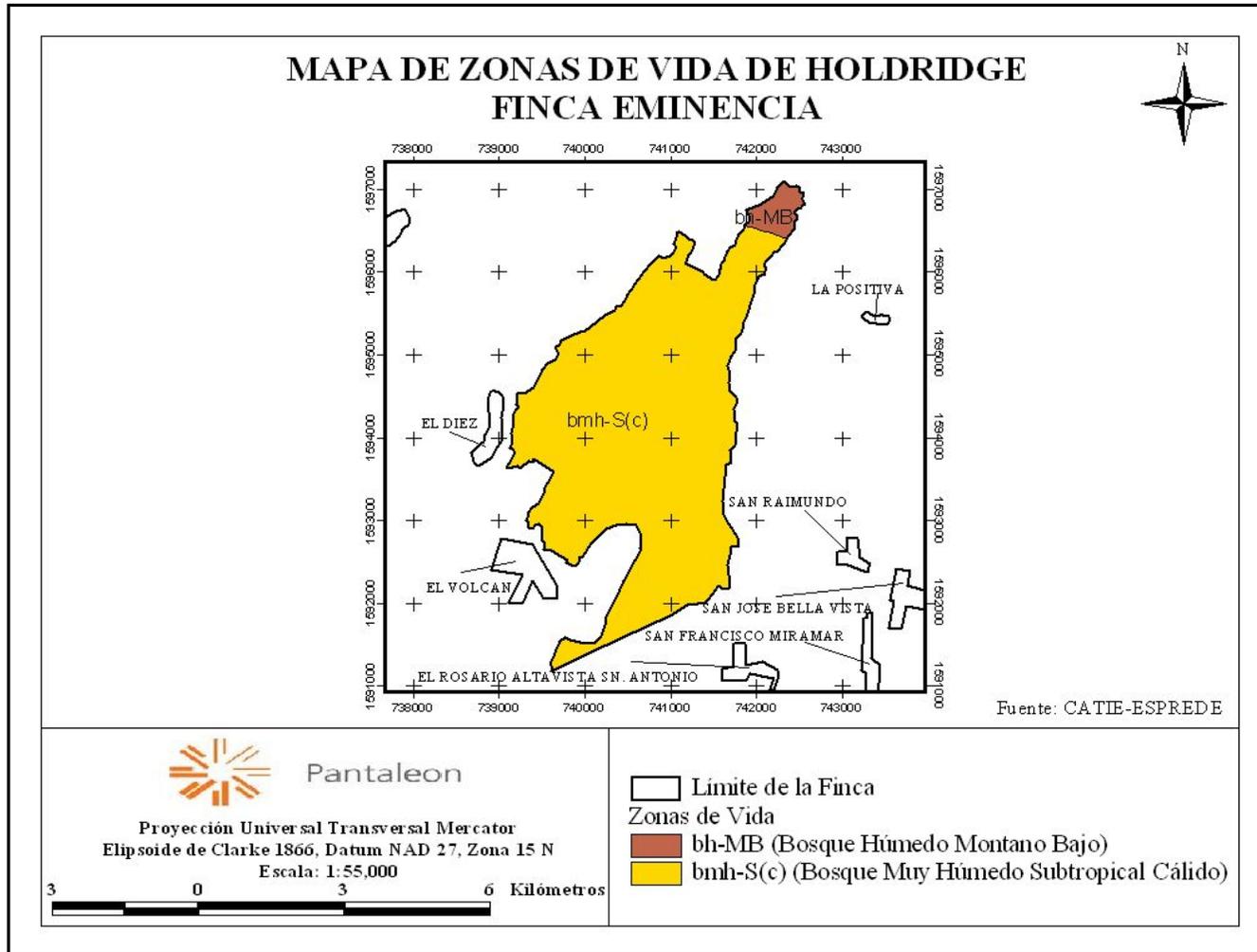


Figura 3.7. Mapa de zonas de vida de la Finca Eminencia.

3.2.2.5 EVALUACIÓN

- Elaboración de material digital.
- Uso y consulta de la información biofísica para la toma de decisiones.
- Corroboración en campo de la información generada a través del mapa por medio de los encargados validar dicha información.

El servicio de la generación de mapas de los aspectos biofísicos de las fincas, se realizó en un 100% en base a los objetivos planteados inicialmente, siendo totalmente satisfactoria su ejecución. Pues es un material que contribuye incrementando la información de referencia de dichas fincas.

3.2.2.6 ANEXOS



Figuras 3.8, 3.9. Registro y toma de coordenadas y establecimiento de límites de las fincas.

3.2.3 EDUCACIÓN AMBIENTAL EN LA ESCUELA PANTALEÓN S.A.

3.2.3.1 INTRODUCCIÓN

El programa de educación ambiental dirigido a los estudiantes de la escuela Pantaleón es un espacio con el propósito de lograr la participación de los niños en el rescate de los recursos naturales de nuestro país. Lo que se procura es que en el corto plazo los niños contribuyan a mejorar el medio ambiente de su centro educativo y su entorno.

El desarrollo de este programa comprende una serie de charlas sobre los temas más importantes del medio ambiente y los recursos naturales y al finalizar, la ejecución de proyectos ambientales.

El objetivo del programa es que los niños tomen conciencia de la problemática ambiental, que se involucren y realicen acciones de corto plazo; que contribuyan a mejorar el ambiente de su entorno. Logrando de esta manera un cambio de actitud en los niños y que ellos sean capaces de transmitir ideas y que estas sean de cambios positivos para la sociedad.

Por ello, se estimuló a los niños con la implementación de proyectos ambientales, como lo son; la Reforestación, Manejo de desechos sólidos, y selección desde el origen, Compost, Educación ambiental, Protección del recurso hídrico.

3.2.3.2 OBJETIVOS

GENERAL

Fortalecer el programa de educación ambiental y la participación de los niños en la escuela Pantaleón S.A.

ESPECÍFICOS

- Apoyar y participar en charlas y actividades de sensibilización a los estudiantes.
- Promover el uso y cuidado de los recursos naturales por medio de charlas, talleres, educativos e informativos.

3.2.3.3 METODOLOGÍA

FASE I GABINETE INICIAL

Se planificó una actividad específica, de acuerdo al grado de escolaridad, con el objetivo de estimular la conciencia ambiental. Para tal efecto se elaboró material didáctico que facilitara la comprensión de los temas que se desarrollaron.

FASE II CAMPO

En esta fase se impartieron clases didácticas a los niños, realizando actividades de observación, clases expositivas, con el apoyo de los maestros del centro educativo.

FASE III GABINETE FINAL

Luego de que los estudiantes obtuvieron la información teórica se realizaron proyectos en base al cuidado y conservación de los recursos naturales, con el fin de consolidarla y poner en práctica la conciencia ambiental.

3.2.3.4 RESULTADOS

Cuadro 3.5. Resultados de la implementación de los proyectos de educación ambiental.

No.	PROYECTO	TEMAS TRATADOS	DIDÁCTICA	METAS	GRADO
1	Manejo de desechos sólidos	<ul style="list-style-type: none"> • Medio Ambiente • El Agua • El Suelo • La Basura 	Clases magistrales Evaluación oral Actividades prácticas	Generados en el centro escolar, propiciando prácticas de clasificación de los desechos con fines de reciclaje, se hace énfasis en la elaboración de compost con los desechos orgánicos producidos. Con el fin de que estas prácticas se difundan al seno de las familias de los alumnos y que los niños y niñas sean agentes de cambio en sus hogares.	Sexto a Cuarto primaria
2	Saneamiento básico Y Mejoramiento escénico	<ul style="list-style-type: none"> • Medio Ambiente • La Basura 	Clases magistrales Actividades prácticas	Desarrollo de campañas de limpieza, erradicación de basura, disposición adecuada de desechos. Y actividades que ayuden a mejorar el ambiente como ornamentación, jardinería, pintura de edificaciones, etc.	Cuarto a Sexto primaria
3	Pláticas de educación ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Medio Ambiente • El Agua • El Suelo 	Clases magistrales Evaluación escrita Evaluación oral Actividades prácticas	Desarrollo de charlas y dramatizaciones de los niños a sus compañeros con la finalidad de concientizarlos sobre la necesidad de tener un medio ambiente sano.	Tercero a Sexto primaria
4	Celebración día de la Tierra.	<ul style="list-style-type: none"> • Medio Ambiente • El Agua • El Suelo 	Actividades prácticas	Actividades recreativas con el fin de tomar conciencia y de tomar un compromiso de cuidado con el medio ambiente, se realizó un acto cívico donde hubo una marcha conmemorativa, obras teatrales, declamaciones etc.	Primero a Sexto primaria
5	Talleres educativos de sensibilización	<ul style="list-style-type: none"> • El Agua • Suelo • El Bosque • RNR 	Clases magistrales Evaluación escrita, Actividades prácticas	Talleres educativos realizados en las aulas, sobre el Cuidado e importancia del Agua, Importancia de los Recursos Naturales.	Primero a Sexto primaria

3.2.3.5 EVALUACIÓN

- Se elaboró material didáctico y apoyo con los maestros de la institución.
- Se capacitó a los alumnos en el establecimiento de “Huertos Familiares”.
- Se contribuyó al “Establecimiento de estanques para peces y tortugas. “
- Se reforestó un área de 1 ha con *Eucalyptus urograndis*. Donde los niños recibieron una platica del cuidado, manejo y siembra de pilones, luego cada niño sembró dos arbolitos.
- También se les incentivo al cuidado y control de los arbolitos asignando un día a la semana por aula, para realizar el riego y control de los arbolitos.
- Proyecto de manejo y desechos sólidos (reciclaje)

Se colocaron distintos recipientes para la clasificación de desechos sólidos, orgánicos, plásticos y aluminio, para así poder reciclarlos.

Por lo que el servicio de educación ambiental en la escuela Pantaleón se realizó en un 100% de acuerdo a los objetivos y metas establecidas, siendo satisfactoria su ejecución.

3.2.3.6 ANEXOS



Figura 3.1. Desarrollo de clases magistrales.



Figura 3.2. Celebración día de la Tierra.



Fotografías del taller Establecimiento de huerto Escolar.

3.2.4 DISEÑO DE ZANJAS DE INFILTRACIÓN EN FINCA EL BAÚL, INGENIO PANTALEÓN S.A.

3.2.4.1 INTRODUCCIÓN

La falta de programas integrados de conservación de suelo y agua ha originado que algunas áreas de la finca El Baúl se vean fuertemente afectadas, causando pérdidas de suelo por la erosión y la disminución de la productividad y eficiencia de los mismos. Por tal razón se propuso la construcción de zanjas de infiltración, cuya finalidad es retener el agua de escorrentía, que proviene de las partes altas del terreno, para que rompa la velocidad del agua, para que disminuya los procesos de erosión, de tal manera que el agua se capte y acumule en dicha zanja, para que sirva de reserva y sea de beneficio al cultivo.

Para el diseño de estas zanjas de infiltración debe de considerarse los siguientes factores: calcular la pendiente media del terreno, el espacio y distancia entre zanjas, la capacidad de almacenamiento de agua, además tomar en cuenta la cantidad de precipitación máxima en 24 horas en la zona.

El establecimiento de esta práctica, conlleva a una serie de efectos positivos como lo son; el aumento de la capacidad de infiltración de agua al suelo, disminuir la escorrentía del agua, evitar los procesos erosivos del suelo.

3.2.4.2 OBJETIVOS

GENERAL

Desarrollar la técnica de zanjas de infiltración para la conservación del suelo, con el propósito de brindar sostenibilidad los recursos suelo y agua.

ESPECÍFICOS

- Aumentar la capacidad de infiltración de agua en el suelo
- Disminuir la escorrentía del agua en la superficie del suelo.
- Disminuir la erosión en el suelo.

3.2.4.3 METODOLOGÍA

FASE I GABINETE

Revisión de Literatura: Se analizó en Libros, Documentos, Internet etc., literatura correspondiente a las metodologías de construcción de zanjas de infiltración.

FASE II CAMPO

Localización del área de estudio: Las zanjas de infiltración se ubicaron en la región alta de Finca El Baúl, donde predomina el cultivo de caña de azúcar, el área fue seleccionada a base de criterios los cuales son: Que el área de interés presentara las condiciones climáticas, edáficas y de área (sea mayor de 1ha.) Para que fuera lo más representativo posible.

FASE III GABINETE FINAL

Construcción de la zanjas de infiltración:

- Se Trazó la topografía del terreno.
- Se marcó el terreno para la construcción de las zanjas.
- Realizar los cálculos para la construcción de las zanjas, se debe calcular la pendiente media del terreno, calcular el espaciamiento entre zanjas, obtener el

dato máximo de lluvia en 24 horas, obtener el valor del coeficiente de escurrimiento, calcular la capacidad de almacenamiento.

- La parte superior de la zanja tiene un ancho de 50 cm, el fondo es de 40 cm y el alto de 40 cm.

3.2.4.4 RESULTADOS

- Cálculo y diseño de las zanjas de infiltración en la finca el baúl.
- Establecimiento y ejecución de la práctica de conservación.
- Toma de datos, para obtener un registro del avance de la práctica, y seguir implementado la practica en otras áreas que la necesiten.

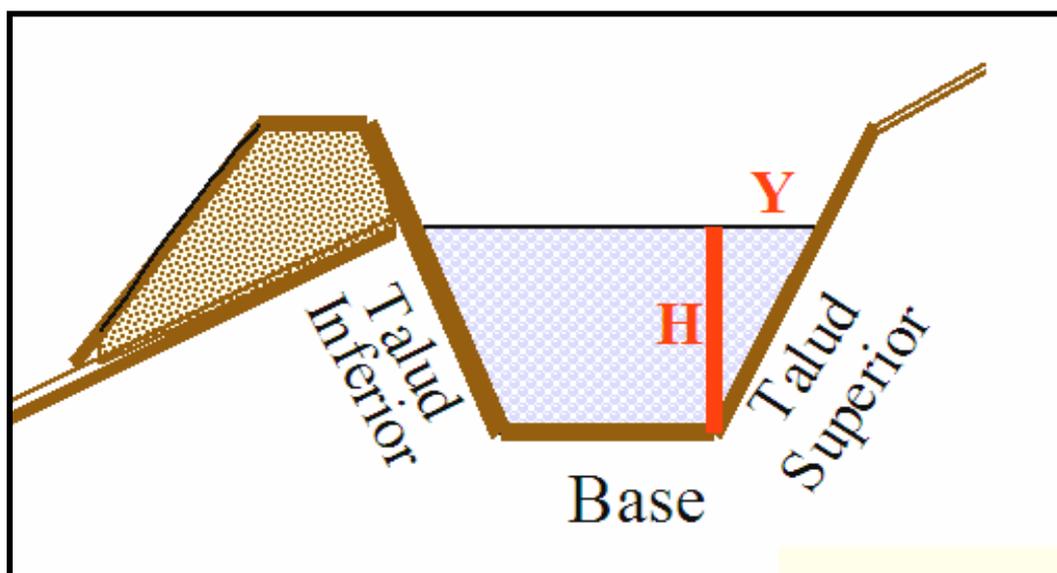


Figura 3.10. Esquema del diseño de las zanjas de infiltración.

3.2.4.5 RECOMENDACIONES

- La vida útil estimada para esta obra de conservación, estará directamente relacionada con su mantenimiento, ya que procesos como la sedimentación reducen su capacidad de evacuar o retener escorrentía superficial, Por lo cual se recomienda una supervisión periódica y limpieza de la base para que se su mantenimiento.

3.2.4.6 EVALUACIÓN

- Se trabajó un área de 1 ha con pendientes entre 0-20%.
- Control y seguimiento, del manejo de las actividades.
- Evaluación de cumplimiento y éxito.
- Se logró la reducción de la erosión, así como el incremento de agua en los acuíferos.
- La realización de este servicio se llevó a cabo en un 100% en base a los objetivos y metas que se trazaron inicialmente, siendo satisfactoria su ejecución.

3.2.4.7 ANEXOS



Fotografías que muestran la problemática del suelo, en el área donde se estableció el proyecto



Fotografías que muestran el trazo de la topografía del terreno



Fotografías que muestran la ubicación, diseño de zanjas de infiltración.

3.3. COMENTARIO GENERAL

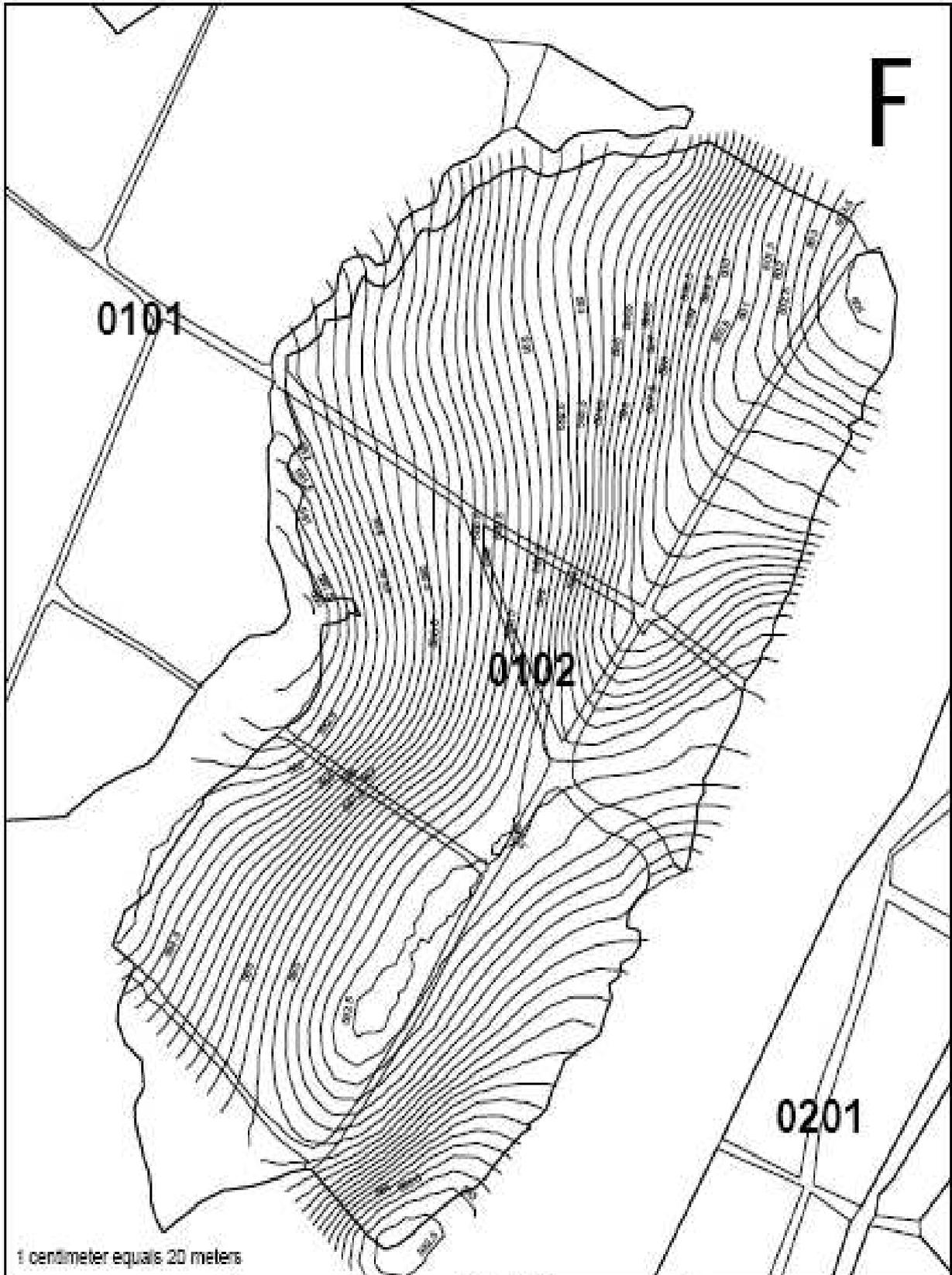
La realización del ejercicio profesional supervisado EPS de la Facultad de Agronomía, fue una experiencia muy enriquecedora y el aporte realizado en la corporación Pantaleón S.A, fue básicamente en poner a disposición de la empresa, las ideas, inquietudes y los conocimientos adquiridos durante la formación estudiantil. Lo cual sirve como un proceso que contribuye a la formación profesional, donde se adquiere una serie de conocimientos tanto técnicos como humanos, sin dejar atrás el desenvolvimiento en el sector laboral.

Dentro de las actividades realizadas durante un período de 10 meses, se realizaron los servicios descritos, los cuales contribuyeron a generar información básica del control de malezas en las plantaciones de *Eucalyptus urograndis* en Finca eminencia Escuintla, Guatemala. Además el servicio de generar mapas de aspectos biofísicos para las fincas donde se encuentran establecidas las plantaciones forestales de la empresa. En la escuela Pantaleón se impartieron clases de educación ambiental, donde se colaboró con el fortalecimiento del programa ambiental, se elaboró y proporcionó material didáctico que les ayudará a los niños y niñas motivándolos a que se involucren a conocer, cuidar y aprovechar los recursos naturales de una manera adecuada, este servicio se llevó a cabo con la ayuda y el apoyo de los maestros y la directora de la escuela. Y por último la elaboración del diseño de las zanjas de infiltración en la Finca El Baúl; esta técnica de conservación de suelos se basa en la disminución de la escorrentía y erosión del suelo, aumentando la capacidad de infiltración de agua al suelo. Realizando todos los servicios satisfactoriamente, cumpliendo los objetivos trazados inicialmente y contribuyendo así al desarrollo y crecimiento de la empresa.

3.4. BIBLIOGRAFÍA

1. BASF, GE. 2006. Listado de productos (en línea). Ludwigshafen, Alemania. Consultado 10 oct 2006. Disponible en línea en http://www.agro.basf.com.ar/pls/agrobasfar/pckg_catalogo.home.
2. BASF, GT. 2006. Listado de productos (en línea). Guatemala. Consultado 26 oct 2006. Disponible en <http://www.basf-guatemala.com.gt>
3. Bioplaguicidas.org, CR. 2006. Bioplaguicidas, productos (en línea). Costa Rica. Consultado 23 set 2006. Disponible en <http://www.bioplaguicidas.org/bioplaguicidas/Others/Productos/Bioacaricidas/CR/KUMULUS%2080%20pa.pdf>
4. EIAS (Estándares de Ingeniería para Aguas y Suelo, CL). 2004. Zanjias de infiltración (en línea). Chile, Universidad Autónoma de Chile. Consultado 26 ene 2007. Disponible en: www.uach.cl/externos/epicforce/pdf/guias%20y%20manuales/EIAS/manuales/d_modulo_diseno_zanja.pdf.
5. Gurovich, L. 1985. Fundamentos y diseño de sistema de riego. San José, Costa Rica, IICA. p. 143-168.
6. Infojardin.com, ES. 2006. Herbicidas y malezas: métodos de control de malezas (en línea). España. Consultado 15 nov 2006. Disponible en: <http://www.infojardin.com/articulos/malas-hierbas-herbicidas.htm>
7. Lemus, M. 2005. Metodología de diseño de zanjias de infiltración y canales de desviación de agua. Chile. Consultado 27 enero 2007. Disponible en: www.iufro.org/uploads/media/t3-lemus-mauricio.doc
8. Leonardo, A. 1998. Manual para la identificación y manejo de las principales malezas en caña de azúcar en Guatemala. Guatemala, CENGICAÑA. 216 p.
9. Morales Morales, JR. 1993. Evaluación de 9 mezclas de herbicidas en caña de azúcar en la finca Camantulul, municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, departamento de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 75 p.
10. Novartis Agro, SA, SW. 2000. Malezas tropicales y subtropicales. Basilea, Suiza. 60 p.
11. Pitty, A; Molina, RA. 1998. Guía fotográfica para la identificación de malezas, parte I, II. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana el Zamorano. 50 p.
12. Science for a Changing World, US. 2006. El ciclo del agua (en línea). Estados Unidos, UNESCO. Consultado 3 oct 2006. Disponible en: <http://www.ga.water.usgs.gov/edu/watercyclespanish.html>
13. Suárez de Castro, F. 1979. Conservación de suelos. San José, Costa Rica, IICA. 315 p. (Libros y Materiales Educativos no. 37).

3.5. ANEXOS



1 centimeter equals 20 meters

 <p>Pantaleon</p>	 <p>DEPARTAMENTO INGENIERIA AGRICOLA</p>	<p>PLANO LOTE</p> <p>0102 FINCA EL BAUL</p>	<p>DIBUJO: EDWING MUJANGOS REVISO: EDWING MUJANGOS FECHA: 25 - JUN - 2007 1:2,000</p>
--	---	---	---