

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
ÁREA INTEGRADA



TRABAJO DE GRADUACIÓN REALIZADO EN ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CARBONO ALMACENADO EN LOS SISTEMAS AGROFORESTALES DE CACAO (*Theobroma cacao* L.), EN LOS DEPARTAMENTOS DE SUCHITEPÉQUEZ Y RETALHULEU DEL SUR-OCCIDENTE DE GUATEMALA, C.A.

HÉCTOR ALFREDO DAVILA ROMERO

GUATEMALA, ABRIL DE 2014



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN REALIZADO EN ESTIMACIÓN DE CARBONO  
ALMACENADO EN LOS SISTEMAS AGROFORESTALES DE CACAO (*Theobroma  
cacao* L.), EN LOS DEPARTAMENTOS DE SUCHITEPÉQUEZ Y RETALHULEU DEL  
SUR-OCCIDENTE DE GUATEMALA, C.A.

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

POR

HÉCTOR ALFREDO DAVILA ROMERO

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA  
EN EL GRADO ACADÉMICO DE  
LICENCIADO

GUATEMALA, ABRIL DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

DR. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Dr. Lauriano Figueroa Quiñonez
VOCAL I	Dr. Ariel Abderramán Ortíz López
VOCAL II	Ing. Agr. MSc. Marino Barrientos García
VOCAL III	Ing. Agr. MSc. Oscar René Leiva Ruano
VOCAL IV	Br. Ana Isabel Fion Ruiz
VOCAL V	Br. Luis Roberto Orellana López
SECRETARIO	Ing. Agr. Carlos Roberto Echeverria Escobedo

Guatemala, abril del 2014

Guatemala, abril del 2014

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 realizado en ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CARBONO ALMACENADO EN LOS SISTEMAS AGROFORESTALES DE CACAO (*Theobroma cacao* L.), EN LOS DEPARTAMENTOS DE SUCHITEPÉQUEZ Y RETALHULEU DEL SUR-OCCIDENTE DE GUATEMALA, C.A., como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

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

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

---

Héctor Alfredo Davila Romero

## **ACTO QUE DEDICO**

**A:**

### **DIOS**

Quien fue, es y será la luz, el camino y mi guía para lograr todos mis sueños y objetivos.

### **MI MADRE**

Silvia Yanet Romero Alvarado, gracias por tu amor, tus consejos, tu apoyo y ayuda en todo momento, TE AMO MADRE.

### **MIS HERMANAS**

Ingrid Eugenia Davila Romero y Jessica Ivonne Davila Romero, gracias por su cariño, apoyo económico y moral.

### **MIS ABUELOS**

Eduardo Macedonio Romero Cabrera (Q.E.P.D), Armando Davila (Q.E.P.D) y Felipa Catalina Alvarado, porque con sabiduría y amor, me han mostrado el camino correcto a seguir.

### **MIS TIOS Y PRIMOS**

Por su apoyo moral y económico incondicional, y en especial a mi tío José Estuardo Romero Alvarado porque a través de tus sabios consejos, apoyo y cariño he llegado hasta donde ahora estoy.

### **MI NOVIA “Abril Emilia Alejandra Chávez Hernández”**

Quien con tanta paciencia, cariño y amor me ha apoyado incondicionalmente en los buenos y malos momentos transcurridos hacia el camino del triunfo. GRACIAS MI AMOR

### **MIS AMIGOS**

Que con su cariño, espíritu de lucha y apoyo moral, guiaron mi vida hacia el camino del triunfo. MIL GRACIAS MIS HERMANOS.

## TRABAJO DE GRADUACION QUE DEDICO

A:

GUATEMALA

BÁRCENA, VILLA NUEVA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ESCUELA NACIONAL CENTRAL DE AGRICULTURA -ENCA-

INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA -INEB-, VILLA NUEVA

ESCUELA PRIMARIA RURAL MÍXTA, TECÚN ÚMAN

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA -CATIE  
Guatemala-

ASOCIACIÓN DE SEMBRADORES DE CACAO DE LA CUENCA DEL NAHUALATE  
SUCHITEPÉQUEZ -ASECAN- Y ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE CACAO DEL  
ASÍNTAL RETALHULEU -APROCA-

A LA POBLACIÓN DE LAS COMUNIDADES CON LAS CUALES TUVE A BIEN  
CONVIVIR DURANTE LA EJECUCIÓN DEL EPS, PERSONAS CON GRANDES  
VALORES Y QUE VIVEN EN CONDICIONES DE POBREZA.

## AGRADECIMIENTOS

### A:

Inga. Agr. **Lily Gutiérrez**, por su asesoría profesional y esmero en la ejecución del presente trabajo.

Ing. Agr. **Amílcar Sánchez**, por el apoyo brindado en la realización de la presente investigación.

Ing. Agr. **Eduardo Say**, por su asesoría profesional, valiosa colaboración y apoyo en la realización de la presente investigación.

Ing. Agr. **Gerónimo López, Sr. Onofre Bravo y Sr. Julio Cesar Pérez**, por su valiosa asesoría profesional, consejos y sobre todo por la amistad brindada durante la realización del EPS.

**Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE-Guatemala)**, por su apoyo técnico y financiero brindado, en la realización y culminación de este estudio científico.

**Centro de Agricultura Tropical, Bulbuxyá (CATBUL)**, por brindar espacio, tiempo y recursos para la realización y culminación de este estudio.

**La Familia Chapetón Rodríguez**, por su amistad, cariño y apoyo mostrado durante el proceso de realización del EPS.

Todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron en la realización de este trabajo, a todos, **¡MUCHAS GRACIAS!**



## ÍNDICE GENERAL

<u>CONTENIDO</u>	<u>PÁGINA</u>
<b>CAPÍTULO I. DIAGNÓSTICO</b>	1
<b>1.1 Presentación</b>	2
<b>1.2 Marco Referencial</b>	3
1.2.1 Características generales de la Aldea Barrios I	3
A. Localización	3
B. Geología	3
C. Fisiografía y Geomorfología	4
D. Zona de Vida	4
E. Climatología e Hidrología	5
F. Suelos	5
1.2.2 Características de la población	6
A. Origen de la Aldea Barrios I	6
B. Religión	6
1.2.3 Servicios municipales	7
A. Educación	7
B. Salud	7
C. Agua potable	8
D. Energía eléctrica	8
E. Transporte	9
<b>1.3 Objetivos</b>	10
1.3.1 General	10
1.3.2 Específicos	10
<b>1.4 Metodología</b>	11
1.4.1 Método empleado	11
1.4.2 Materiales	11
1.4.3 Búsqueda de información	11
A. Pasos realizados	11
<b>1.5 Resultados</b>	13
1.5.1 Resultados de la problemática	18
A. Listado de problemas	18
1.5.2 Priorización de la problemática encontrada	19
1.5.3 Problemática priorizada	19
<b>1.6 Conclusiones</b>	21
<b>1.7 Bibliografía</b>	22
<b>1.8 Apéndice</b>	23
1.8.1 Encuesta a hogares, fincas y cacaotales; Proyecto Cacao Centroamérica	23

<b>CAPÍTULO II. INVESTIGACIÓN</b>	28
<b>2.1 Presentación</b>	29
<b>2.2 Marco Conceptual</b>	31
2.2.1 Marco Teórico	31
A. Cambio Climático	31
B. Efecto Invernadero	31
C. Gases de efecto invernadero	32
D. Principales gases de efecto invernadero	33
E. Carbono (C)	35
G. Almacenamiento y fijación de Carbono	36
H. Sumideros de Carbono	37
I. Biomasa y Carbono	38
J. Sistemas Agroforestales y fijación de Carbono	39
K. Parámetros técnicos para inventarios de Carbono	43
L. Descripción de la especie de cacao	45
M. Sistemas agroforestales de cacao	46
N. Ecuaciones o modelos alométricos	47
2.2.2 Marco Referencial	49
A. Condiciones edafoclimáticas del área de estudio	49
B. Estudios similares realizados en Guatemala	52
<b>2.3 Objetivos</b>	54
2.3.1 General	54
2.3.2 Específicos	54
<b>2.4 Metodología</b>	55
2.4.1 Fase de campo	55
A. Toma de Muestras	58
B. Muestreo de suelos	59
C. Muestreo de hojarasca	60
D. Muestreo de necromasa	61
E. Muestreo de biomasa	62
2.4.2 Fase de laboratorio	65
A. Muestras de suelo	65
B. Muestras de hojarasca	66
C. Análisis de laboratorio aplicado a las muestras	68
2.4.3 Fase de gabinete	69
A. Análisis estadístico	69
<b>2.5 Resultados y Discusión</b>	70
<b>2.6 Conclusiones</b>	87
<b>2.7 Recomendaciones</b>	88

	<u>PÁGINA</u>
<b>2.8 Bibliografías</b>	89
<b>2.9 Apéndice</b>	93
<b>CAPÍTULO III. INFORME DE SERVICIOS</b>	107
<b>3.1 Presentación</b>	108
<b>3.2 Servicio 1</b>	109
3.2.1 Objetivos	109
A. General	109
B. Específico	109
3.2.2 Hipótesis	109
3.2.3 Metodología	110
A. Descripción del ensayo	110
B. Dosis de fertilizante utilizadas	110
C. Descripción de los tratamientos	111
D. Número de Bloques o Repeticiones del ensayo	111
E. Unidad de muestreo	111
F. Número de plantas por tratamiento	111
G. Variable muestreada	111
H. Distribución de los tratamientos en el vivero	112
I. Aplicación de los Tratamientos	113
3.2.4 Resultados	114
3.2.5 Conclusiones	116
3.2.6 Recomendaciones	117
<b>3.3 Servicio 2</b>	118
3.3.1 Objetivos	118
A. General	118
B. Específicos	118
3.3.2 Temas utilizados en la capacitación de los propietarios de las fincas cacaoteras en el departamento de Suchitepéquez	118
A. Biología reproductiva del cacao	118
B. Árboles Superiores de cacao	119
C. Biología y control de la Phytophthora	119
D. Injertación	119
3.3.3 Metodología	120
A. Registro de asistencia	120
B. Presentación de los módulos de capacitación	120
C. Análisis de los cacaotales y comparaciones en campo	121
D. Evaluación participativa	121
3.3.4 Resultados	122
3.3.5 Conclusiones	123

	<b><u>PÁGINA</u></b>
3.3.6 Recomendaciones	124
<b>3.4 Servicio 3</b>	<b>125</b>
3.4.1 Objetivos	125
A. General	125
B. Específicos	125
3.4.2 Metodología	126
A. Producción de porta-injertos	126
B. Producción de plantas injertadas	128
3.4.3 Resultados	130
3.4.4 Conclusiones	132
3.4.5 Recomendaciones	132

## ÍNDICE DE FIGURAS

<u>FIGURA</u>	<u>PÁGINA</u>
Figura 1. Entrada principal hacia la Aldea Barrios I .....	3
Figura 2. Río Nimanquíaj.....	5
Figura 3. Iglesia Católica Fátima.....	6
Figura 4. Escuela Oficial Rural Mixta; Número 2.....	7
Figura 5. Puesto de salud.....	8
Figura 6. Distribución de las fincas cacaoteras de la Aldea Barrios I, San Antonio Suchitepéquez, Suchitepéquez .....	13
Figura 7. Principales cultivos establecidos en Unidades Productivas Familiares, de la Aldea Barrios I .....	14
Figura 8. Prácticas de manejo por los productores dentro del cacaotal, de la Aldea Barrios I, San Antonio Suchitepéquez, Suchitepéquez.....	15
Figura 9. Esquema representativo del Efecto Invernadero.....	32
Figura 10. Concentración de dióxido de carbono en la atmósfera terrestre (azul) y la temperatura media global (rojo), en los últimos 1000 años .....	33
Figura 11. Componentes del almacenamiento de carbono .....	39
Figura 12. Temperatura media mensual del área de estudio.....	49
Figura 13. Temperatura media anual del área de estudio .....	50
Figura 14. Precipitación mensual del área de estudio.....	50
Figura 15. Precipitación anual del área de estudio .....	51
Figura 16. Características de la red de parcelas.....	57
Figura 17. Diseño de la ubicación de la parcela de muestreo dentro del cacaotal seleccionado.....	58
Figura 18. División de la parcela de muestreo en 10 celdas identificadas con códigos.....	59
Figura 19. Toma de las sub-muestras de suelos en las parcelas de muestreo .....	60
Figura 20. Ubicación de la toma de las sub-muestras de hojarasca en las parcelas de muestreo.....	61

**PÁGINA**

Figura 21. Diseño de toma de las sub-muestras de raíces finas en las parcelas de muestreo.....	62
Figura 22. Dendrograma de los conglomerados formados con 36 sistemas agroforestales de cacao con base en variables de paisaje, sitio, composición botánica y carbono almacenado .....	73
Figura 23. Variables de paisaje y sitio de cada uno de los tres conglomerados que forman la red de muestreo .....	74
Figura 24. Biplot de componentes principales con todas las variables del estudio y tres conglomerados formados con 36 sistemas agroforestales de cacao.....	77
Figura 25. Abundancia de especies leñosas por hectárea en los tres conglomerados formados .....	81
Figura 26. Cantidad de carbono en biomasa aérea y raíces gruesas de especies leñosas en los tres conglomerados formados.....	82
Figura 27. Cantidad de Materia Orgánica (%) de los conglomerados formados de los 36 sistemas agroforestales de cacao muestreados .....	84
Figura 28. Cantidad de biomasa y carbono almacenado en los componentes de hojarasca, raíces finas y necromasa en los tres conglomerados formados .....	86
Figura 29A. Medición correcta de la circunferencia a 1.3 m de altura (DAP), de las especies arbóreas leñosas en los sistemas agroforestales.....	98
Figura 30A. Procedimiento grafico de la metodología realizada para obtención de muestra representativa de suelo de las parcelas de estudio	104
Figura 31. Medición de los diámetros de las plantas a utilizar para el ensayo .....	112

## INDICE DE CUADROS

<u>CUADRO</u>	<u>PÁGINA</u>
Cuadro 1. Matriz de Vester de los problemas encontrados en la Aldea Barrios I .....	19
Cuadro 2. Resumen de las opciones para la captura de Carbono (C) .....	40
Cuadro 3. Almacenamiento de Carbono (tonCha <sup>-1</sup> ) de 36 sistemas agroforestales de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.) en el Sur de Guatemala....	70
Cuadro 4. Medias de las características de sitio y composición botánica de tres conglomerados formados con 36 sistemas agroforestales de cacao ...	76
Cuadro 5. Formulas alométricas utilizadas por especie, identificada dentro de los 36 sistemas agroforestales de cacao muestreados en el Sur de Guatemala.....	79
Cuadro 6. Promedio de diámetro y altura de los diferentes tipos de especies leñosas en los tres conglomerados formados.....	83
Cuadro 7. Análisis de varianza y prueba de Duncan para el almacenamiento de carbono (tonCha <sup>-1</sup> ) de tres conglomerados formados con 36 sistemas agroforestales de cacao .....	86
Cuadro 8A. Formato utilizado para el registro de puntos de GPS y colindantes de las parcelas que conformaron la red de estudio del Sur de Guatemala.....	93
Cuadro 9A. Formato utilizado para la obtención de datos en la red de estudios en las fincas cacaoteras del Sur de Guatemala .....	94
Cuadro 10A. Formato utilizado para el registro de pesos (gramos) de suelos en campo de la red de estudio.....	96
Cuadro 11A. Formato utilizado para el registro de pesos (gramos) de hojarasca en campo de la red de estudio.....	96
Cuadro 12A. Formato utilizado para el registro de pesos (gramos) de necromasa en campo de la red de estudio .....	97
Cuadro 13A. Formato utilizado para el registro de pesos (gramos) de raíces finas en campo de la red de estudio.....	97

**PÁGINA**

Cuadro 14A. Formato utilizado para el registro en campo, de las circunferencias y altura de los arboles de cacao (0.3 m) y leñosos (DAP) en las parcelas de estudio .....	99
Cuadro 15A. Localización de los sistemas agroforestales de cacao, donde se encuentran ubicadas las parcelas de muestreo del estudio.....	105
Cuadro 16. Aumento promedio del diámetro (cm) en los cuatro meses de estudio .....	114
Cuadro 17. Resultado del Análisis de Varianza de los resultados del aumento del diámetro por tratamiento.....	114
Cuadro 18. Coeficiente de Variación .....	115
Cuadro 19. Número de familias capacitadas/municipio.....	122
Cuadro 20. Distribución de los temas de las ECA's en los municipios del Departamento de Suchitepéquez.....	122
Cuadro 21. Agro-químicos utilizados durante el manejo de las plántulas en el vivero .....	127
Cuadro 22. Cantidad de plantas injertadas producidas durante un año de manejo e injertación de patrones .....	130
Cuadro 23. Indicadores de los procesos de injertación para obtener el cuadro anterior .....	130



**ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CARBONO ALMACENADO EN LOS SISTEMAS AGROFORESTALES DE CACAO (*Theobroma cacao* L.), EN LOS DEPARTAMENTOS DE SUCHITEPÉQUEZ Y RETALHULEU DEL SUR-OCCIDENTE DE GUATEMALA, C.A.**

**ESTIMATION OF THE CARBON AMOUNT STORED IN THE CACAO (*Theobroma cacao* L.) AGROFORESTRY SYSTEMS IN THE SUCHITEPEQUEZ AND RETALHULEU DEPARTAMENTS, SOUTH WESTRN GUATEMALA, C.A.**

**RESUMEN**

Se realizó una priorización de la problemática presentada dentro de la producción generada en los Sistemas Agroforestales de cacao de la Aldea Barrios I, del municipio de San Antonio Suchitepéquez, del departamento de Suchitepéquez, utilizando la matriz de doble entrada conocida como Matriz de Vester, donde se pudo observar que el principal problema al cual se enfrentan los pequeños productores directos de cacao de dicha aldea es el bajo rendimiento de producción de los cacaotales por unidad de área aproximadamente 137 kg/ha/año (3 quintales/ha/año), esto debido a varios factores que influyen en el manejo de los cultivos arbóreos como el cacao, siendo estos la predisposición a efectos del ambiente y la edad, la naturaleza de las plantaciones, el manejo y uso de sombra y la falta de facilidad para la mecanización.

Se determinó el carbono almacenado en 36 sistemas agroforestales de cacao, cultivados por pequeños productores (as) del Sur-Occidente de Guatemala. Se realizaron muestreos de material vegetal y conteo de especies en parcelas temporales de medición de 1000 m<sup>2</sup> ubicadas al centro de cada cacaotal. Se calculó el carbono almacenado en diferentes componentes del sistema aplicando muestreos y ecuaciones alométricas, Se analizaron las correlaciones entre las variables de paisaje, sitio y composición botánica del dosel de sombra respecto al contenido de carbono total y de los diferentes componentes. El contenido medio de carbono en los SAF-Cacao fue de 155 t C ha<sup>-1</sup>, considerado un nivel alto de carbono. La biomasa aérea y el suelo fueron los dos componentes que almacenaron más carbono en el SAF-Cacao, aportando el 46% y 41% del total, respectivamente. Se formaron tres conglomerados de SAF-Cacao con características

contrastantes entre ellos y diferencias significativas en el contenido de carbono de biomasa aérea, raíces gruesas y carbono total. Se concluye que la capacidad de almacenamiento de carbono de los SAF-Cacao de Sur-Occidente de Guatemala depende y está influenciada positiva y significativamente por la biomasa aérea, principalmente de las plantas de cacao y los arboles de sombra. Se recomienda mejorar el manejo agronómico del cacao y realizar prácticas silviculturales para favorecer el crecimiento de los árboles de sombra y elevar el potencial de secuestro de carbono de los cacaotales del suroccidente de Guatemala.

Dentro de las actividades realizadas durante el proceso de investigación en el área de estudio se implementaron tres servicios los cuales fueron relacionados directamente a mejorar la calidad de materiales genéticos y métodos utilizados por los pequeños productores de cacao para la producción, obteniendo los siguientes resultados: Se produjo un total de 671 plantas injertadas con materiales genéticos importados de jardines clonales del CATIE -Costa Rica- y del FHIA -Honduras- con el propósito principal de distribuir materiales genéticos de cacao resistentes a plagas y enfermedades a pequeños productores del área, también se realizaron tres sesiones de escuelas de campo capacitando de esta forma a 49 familias cacaoteras con temas innovadores como; Biología reproductiva del cacao, selección de arboles superiores de cacao, biología y control de *Phytophthora* e injertación, con el propósito principal de mejorar las técnicas utilizadas para el proceso de manejo y producción de los cacaotales del Sur-Occidente de Guatemala.

## CAPÍTULO I

---

**DIAGNOSTICO REALIZADO EN LAS FINCAS CACOTERAS DE LA ALDEA  
BARRIOS I, DEL MUNICIPIO DE SAN ANTONIO SUCHITEPEQUEZ, DEL  
DEPARTAMENTO DE SUCHITEPEQUEZ, GUATEMALA, C.A.**

## 1.1 Presentación

En el área de Sur de Guatemala, los sistemas agroforestales del cultivo de cacao, están considerados como una alternativa viable de diversificación para pequeñas Unidades Productivas Familiares (fincas) establecidas en áreas marginales para café. Esta alternativa ha cobrado mucha expectativa entre productores a pequeña escala y cafetaleros, que desean diversificar su producción, mas cuando existe una demanda creciente del producto.

Para la economía de Guatemala, este cultivo no está identificado como un rubro económico predominante, sin embargo potencialmente representa un renglón de importancia económica dentro del proceso de diversificación de cultivos, como tendencia actual y futura en el país y de participación de mercado externo, donde constantemente se observa la necesidad de satisfacer una demanda que en el ámbito mundial nunca ha sido satisfecha.

El presente documento es un diagnostico situacional de la producción de las fincas cacaoteras de la Aldea Barrios I, San Antonio, Suchitepéquez. Realizando la priorización de la problemática establecida por los productores directos de cacao de dicha aldea, se pudo determinar, con el uso de la matriz de doble entrada conocida como Matriz de Vester, que el mayor problema en la producción de cacao en las unidades productivas familiares es su rendimiento por unidad de área (3 quintales/ha/año).

Varios factores influyen en el manejo de los cultivos arbóreos como el cacao. Entre ellos están: La predisposición a efectos del ambiente y la edad, la naturaleza de las plantaciones, el uso de sombra y la falta de facilidad para la mecanización.

## 1.2 Marco Referencial

### 1.2.1 Características generales de la Aldea Barrios I

#### A. Localización

La Aldea Barrios I, se encuentra ubicada en las coordenadas 14°30'29.6'' de latitud Norte y 91°22'34.6'' de longitud Este (5), en el municipio de San Antonio Suchitepéquez, departamento de Suchitepéquez; a 150 km de la Ciudad de Guatemala (Carretera CA-2), tiene una extensión de 3 kilómetros cuadrados, divididos en 5 sectores: Sector 1 denominado Sector Corazón de Jesús, sector 2 denominado Sector Fátima, sector 3 denominado Sector Vicente, sector 4 denominado Sector Tahúal y sector 5 denominado Sector Santa Clara. La Aldea Barrios I, colinda al Norte y al Este con la Aldea Barrios II, al Sur con Aldea Nahualate, y al Oeste el Río Nahualate y Finca Guadiela.



Figura 1. Entrada principal hacia la Aldea Barrios I

#### B. Geología

Según el mapa geológico de Guatemala a escala 1:250,000 (6), el material parental de los suelos son Aluviones Cuaternarios (Qa); que han sido formados a lo largo del Litoral del Pacífico por los productos de erosión de las tierras altas volcánicas, arenas gravas, arenas pómez y depósitos laháricos de espesor desconocido (6). Debido al gran volumen de detritas en abanicos fluviales coalescentes, y quizás a un posible hundimiento, el drenaje

es deficiente (6); en estas zonas a lo largo de las playas fluviales se han encontrado arenas ricas en magnetita (6).

### C. Fisiografía y Geomorfología

De acuerdo al Mapa Provincias Fisiográficas de la República de Guatemala, el área está comprendida dentro de la Provincia Fisiográfica Llanuras Costeras del Pacífico, comprendiendo el material aluvial cuaternario que cubre los estratos de la Plataforma Continental (4). Los ríos que corren desde el altiplano volcánico, al cambiar de pendiente han depositado grandes cantidades de materiales que han formado la planicie de poca ondulación, cuenta con mal drenaje, se encuentran áreas sujetas a inundaciones particularmente al Oeste (conformada por terrazas aluviales recientes y sub-recientes formadas por el Río Nahualate), en la parte Sur y Este son zonas colinares que conforman parte del pie de monte de las montañas adyacentes (4).

### D. Zona de Vida

Según De La Cruz (2,3), con el sistema propuesto por Holdridge, el área de la Aldea Barrios I, se encuentra en la zona de vida Bosque Sub-tropical Húmedo (2): presentando de esta forma un ámbito de precipitación entre 1,800 y más de 4,000 mm de precipitación media anual. En esta zona de vida la estación seca varía de un lugar a otro, siendo entre 0 a 5 meses de duración (1). Esta formación es frecuente localizarla en las regiones Pacíficas como Atlánticas (Llanuras Costeras). Algunas especies vegetales indicadoras de esta zona de vida son: *Cordia alliodora*, *Terminalia amazonia*, *Calophyllum brasiliensis*, *Vochysia ferruginea*.

El bosque se caracteriza por presentar una estructura vertical de tres a cuatro estratos, bien diferenciados, un abundante sotobosque, con un predominio de especies perennifolias. La altura media del dosel superior puede alcanzar entre los 30 a 40 m de altura. En bosques no perturbados se pueden encontrar más de 150 especies de porte arbóreo, por lo cual son considerados como bosques diversos (7).

### E. Climatología e Hidrología

Según el INSIVUMEH, el área tiene una precipitación promedio de 4,000 mm de lluvia anuales, distribuida en 140 días al año, una temperatura media anual de 26° Celsius. Según Thornthwaite, el clima del área es cálido con invierno benigno, muy húmedo sin estación seca bien definida. La principal fuente de agua con que cuenta la Aldea Barrios I es el Río Nahualate, con su afluente el Río Nimanquíaj (significa Caballo Grande en Idioma Zutuhil) que se encuentra localizado al centro de la aldea.



Figura 2. Río Nimanquíaj

### F. Suelos

Según Simmons *et al*, (8), la Aldea Barrios I, se encuentra comprendida dentro de la división fisiográfica que corresponde a los suelos de Declive del Pacífico, que se extiende desde el pie de monte de las montañas volcánicas, hasta la orilla del litoral; las series que pueden encontrarse son Panán y Cutzán. Son suelos desarrollados sobre material fluvio y volcánico reciente a elevaciones medianas; el área está formada por abanicos fluviales traslapados de material arrojado por los volcanes en época relativamente reciente. Los suelos son jóvenes y profundos (8).

### 1.2.2 Características de la población

#### A. Origen de la Aldea Barrios I

Los terrenos baldíos que se encontraban en el municipio de San Antonio Suchitepéquez (actualmente ubicación de la Aldea Barrios I y Barrios II), fueron invadidos en los años 1,900 a 1,920 por un grupo de personas de origen Maya provenientes de la parte Norte de Suchitepéquez (actualmente municipio Chicacao), debido a un elevado crecimiento poblacional y a la falta de obtención de la tierra en esa zona (Norte). Actualmente los pobladores de la Aldea Barrios I para comunicarse utilizan el idioma Castellano y el Zutuhil (originario de la parte Norte de Suchitepéquez).

#### B. Religión

Las religiones que se practican en la Aldea Barrios I son: Cristiana Católica y Cristiana Evangélica; en donde la Cristiana Católica se practica por un 87% de los pobladores de esta aldea. En esta aldea se encuentran fundados 2 templos o iglesias para practicar la religión Cristiana Católica; La Iglesia Fátima (nombrada de esta forma debido al sector donde se encuentra ubicada –Sector Fátima-) y la Iglesia Corazón de Jesús (nombrada de esta forma debido al sector donde se encuentra ubicada –Sector Corazón de Jesús-). Las festividades religiosas se llevan a cabo del 12 al 15 de junio, ya que por ser aldea del municipio de San Antonio Suchitepéquez, comparten el mismo feriado de acuerdo a la muerte del Santo San Antonio (13 de junio), en Padua Italia.



Figura 3. Iglesia Católica Fátima



### 1.2.3 Servicios municipales

#### A. Educación

La Aldea Barrios I, cuenta con educación a nivel primario y básico. Para la educación primaria cuenta con la Escuela Oficial Rural Mixta, Número 2; la cual se encuentra ubicada en el Sector Fátima. Para la educación básica cuenta con un Instituto por Cooperativa el cual fue creado hace cuatro años, que también se encuentra ubicada en el Sector Fátima.

La Escuela Oficial Rural Mixta, Número 2, posee un total de 12 aulas distribuidas por niveles de educación (grados) de la siguiente manera: Primero posee 3 secciones, Segundo posee 2 secciones, Tercero posee 2 secciones, Cuarto posee 2 secciones, Quinto posee 2 secciones y Sexto posee 1 sección; el total de alumnos con los cuales trabaja la Escuela es de 420 (promedio de 35 alumnos/sección).



Figura 4. Escuela Oficial Rural Mixta; Número 2

#### B. Salud

En el tema de salud, la Aldea Barrios I, posee como único recurso un Centro de Salud (en el que únicamente laboran enfermeras), que se encuentra a disposición de los habitantes de la aldea de lunes a viernes en horario de 9:00 a.m a 3:00 p.m, en el que se tratan únicamente a pacientes que presentan diagnóstico clínico para estabilizarlos con Medicina General (enfermedades estomacales, intoxicaciones, alergias, cuidados prenatales,

atención de partos, suturas, etc.), ya que pacientes que necesitan Medicina Especial deben de trasladarse hacia el hospital de Mazatenango, Suchitepéquez.



Figura 5. Puesto de salud

### C. Agua potable

Los pobladores de la Aldea Barrios I, poseen como servicio municipal el agua entubada (agua potable) proveniente de un nacimiento natural ubicado en las partes altas de el municipio de San Miguel Panán (Sector Perú), este servicio posee un costo de Q.10.00 al mes (cuota municipal); pero tiene la desventaja de que no es servicio diario y el caudal es mínimo. La mayoría de aldeanos para cubrir la necesidad del agua posee sus propios abastecimientos (pozos) ya sea de forma manual o mecánica. Estos pozos en la época seca poseen una profundidad máxima de 15 metros y en época de lluvia poseen una profundidad de 1.5 metros.

### D. Energía eléctrica

Este servicio fue introducido a la aldea en el año 2002, esta energía proviene directamente de la cabecera municipal (San Antonio Suchitepéquez).

### E. Transporte

Los pobladores de la Aldea Barrios I, cuentan con servicio de tres buses o camionetas de parrilla, las cuales ingresan a la aldea con un lapso de tiempo de una hora, con destino hacia la cabecera Municipal (San Antonio Suchitepéquez) y viceversa, el costo por este servicio es de Q.2.50 por persona (tarifa municipal), el servicio de transporte se encuentra vigente los siete días de la semana de forma regular dando inicio a las 5:00 AM y finalizando a las 6:00 PM, y los días festivos se encuentra servicio de transporte de una forma irregular, por lo que los pobladores tienden a recurrir a otros medios de transporte; tuck-tuck y pick-up fleteros, los cuales por cubrir la misma ruta cobran la cantidad de Q.5.00 a Q.6.00 por persona.

## 1.3 Objetivos

### 1.3.1 General

- Conocer la situación actual de la producción del agro-ecosistema cacao (*Theobroma cacao* L.), de las fincas cacaoteras la aldea Barrios I, de San Antonio, Suchitepéquez, Guatemala.

### 1.3.2 Específicos

- Recolectar información general sobre la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.), en las fincas cacaoteras de la aldea Barrios I, San Antonio, Suchitepéquez.
- Detectar los problemas que afectan el sistema de producción de cacao (*Theobroma cacao* L.), en las fincas de la Aldea Barrios I, San Antonio, Suchitepéquez.
- Priorizar los problemas que afectan el sistema de producción de cacao (*Theobroma cacao* L.), en las fincas de la aldea Barrios I, San Antonio, Suchitepéquez.

## 1.4 Metodología

### 1.4.1 Método empleado

El método que se utilizó para realizar el diagnóstico sobre la producción de los Agro-ecosistemas de cacao de la Aldea Barrios I, fue la encuesta. Se tomó como muestra los habitantes inscritos a la Asociación de Sembradores de Cacao de la Cuenca del Nahualate –ASECAN-, ya que se pretendía obtener información básica de una forma directa sobre la producción del agro-ecosistema cacao (*Theobroma cacao* L.), y la comercialización del producto y subproductos en el mercado local.

Con esto se buscaba entablar una relación directa entre el entrevistador y la persona encargada de la producción de cada una de las fincas cacaoteras de la Aldea Barrios I, de San Antonio Suchitepéquez.

El tiempo que se utilizó para realizar dicha encuesta fue de diez días hábiles, ya que de esta forma se pudo recabar la información necesaria y a la vez se verificó directamente en campo la información obtenida por medio del entrevistado (Triangulación de la información).

### 1.4.2 Materiales

- Encuesta, preparada con preguntas directas.
- Hojas, lápiz, lapicero y borrador.

### 1.4.3 Búsqueda de información

#### A. Pasos realizados

- a. Se obtuvo una guía de entrevista con los temas principales y sub-temas, a estudiar del Agro-ecosistema cacao (*Theobroma cacao* L), por parte del Proyecto Cacao Centroamérica (PCC) – FASE 1- Encuesta de Hogares, Fincas y Cacaotales, del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica.

- b. Se encuestó un total de 13 productores directos de las fincas cacaoteras de la Aldea Barrios I, estos productores se encontraban inscritos en la Asociación de Sembradores de Cacao de la Cuenca del Nahualate (ASECAN) –la cual es capacitada por personal administrativo de CATIE, Guatemala-, en donde se encontró información secundaria la cual fue utilizada para el enriquecimiento de este diagnóstico.
- c. Análisis de los resultados obtenidos por las encuestas, en esta etapa se evaluó estadísticamente la información proporcionada por los encuestados.
- d. Priorización de los problemas detectados, esta se realizó por medio de un cuadro de doble entrada.

## 1.5 Resultados

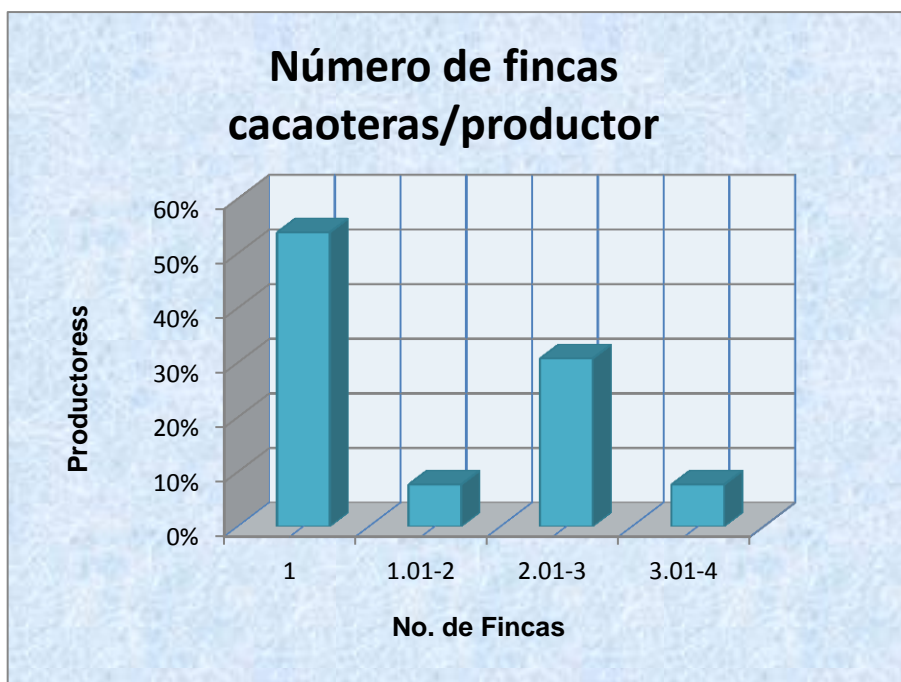


Figura 6. Distribución de las fincas cacaoteras de la Aldea Barrios I, San Antonio Suchitepéquez, Suchitepéquez

Los pobladores de la aldea Barrios I, en su mayoría (53.84%) poseen únicamente una Unidad Productiva (finca) por familia, mientras que en su minoría (7.69%) de los pobladores poseen más de tres Unidades Productivas por familia, de las cuales el 61.53% poseen una superficie menor a una hectárea y solamente el 7.69% de las fincas poseen más de cuatro hectáreas. La poca superficie de terreno cultivable que poseen los pobladores de la Aldea Barrios I, se presenta debido a que el número de personas que conforman una familia es elevado (en promedio 5-7 hijos/pareja), lo que hace que la repartición de tierras (herencia) por persona en cada generación sea menor en cantidad y unidad de área, esto se hace visible ya que aproximadamente el 55% de los pobladores poseen más de 20 años de tenencia de las tierras (ya han realizado o están próximos a realizar la repartición familiar de tierras).

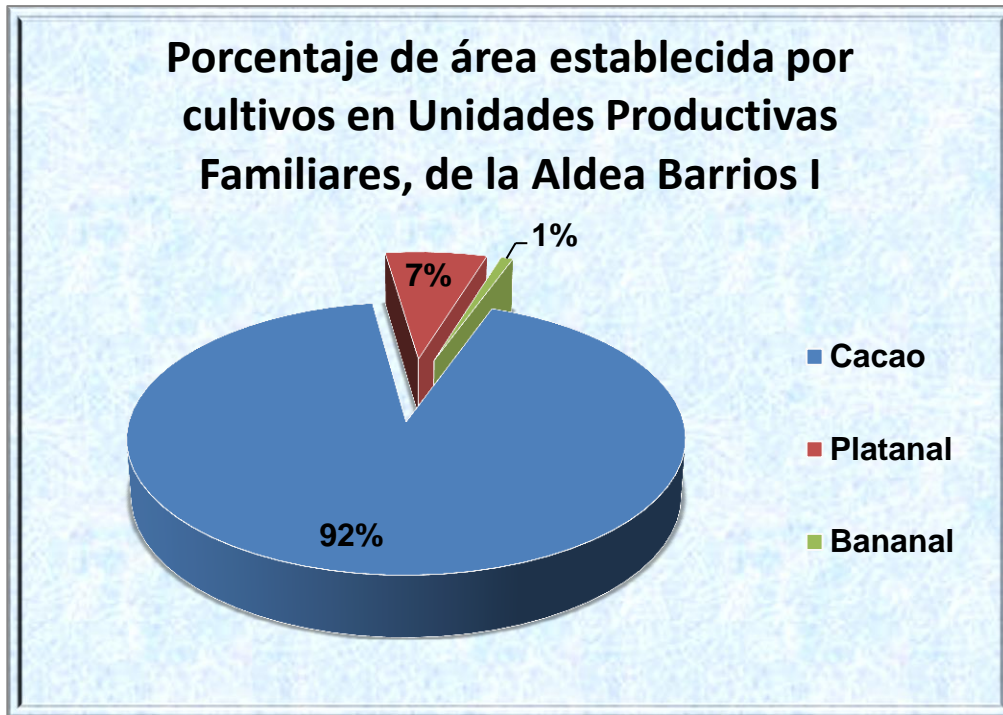


Figura 7. Principales cultivos establecidos en Unidades Productivas Familiares, de la Aldea Barrios I

La mayor cantidad de área de las Unidades Productivas Familiares de la Aldea Barrios I, se encuentra establecida principalmente por tres cultivos; cacao, plátano y banano, siendo el cacao el principal cultivo de ingreso familiar, mientras que los cultivos de plátano y banano son extraídos como productos secundarios de los agro-ecosistemas de cacao (ya que son cultivos establecidos como sombra temporal para los inicios del crecimiento de la plántula de cacao y luego ya no son removidos para obtener ingresos extras). Del total de la producción del cultivo de plátano el 66.66% se comercializa en el mercado local (a un precio promedio de Q. 48.00 el racimo), y el otro 33.34% restante se utiliza para el consumo familiar, en cuanto a la producción de banano del total producido se comercializa el 65% (a un precio promedio de Q. 40.00 el racimo) y el 35% se utiliza para consumo familiar.



Con el fin de suplir las necesidades alimenticias familiares los productores de la Aldea Barrios I arrendan terrenos aledaños a sus producciones donde son establecidos principalmente 2 cultivos; maíz y yuca. Dentro de estas producciones el maíz es el cultivo con mayor predominancia con un 70.41% de las áreas arrendadas, mientras que el restante 29.59% es utilizado para la producción de yuca.

La producción obtenida en las áreas establecidas con el cultivo de maíz es de 164 quintales anuales de los cuales se comercializa un 19.51%, debido a un excedente que pueda tener el productor y el otro 80.49% restante de la producción es utilizado para el consumo familiar, mientras que la producción de yuca en la aldea es de 80 quintales anuales de los cuales el 75% se utilizan para la comercialización en el mercado local (este producto es muy apetecido en esta región por su alto valor nutricional), y el otro 25% restante del total producido son para consumo familiar.

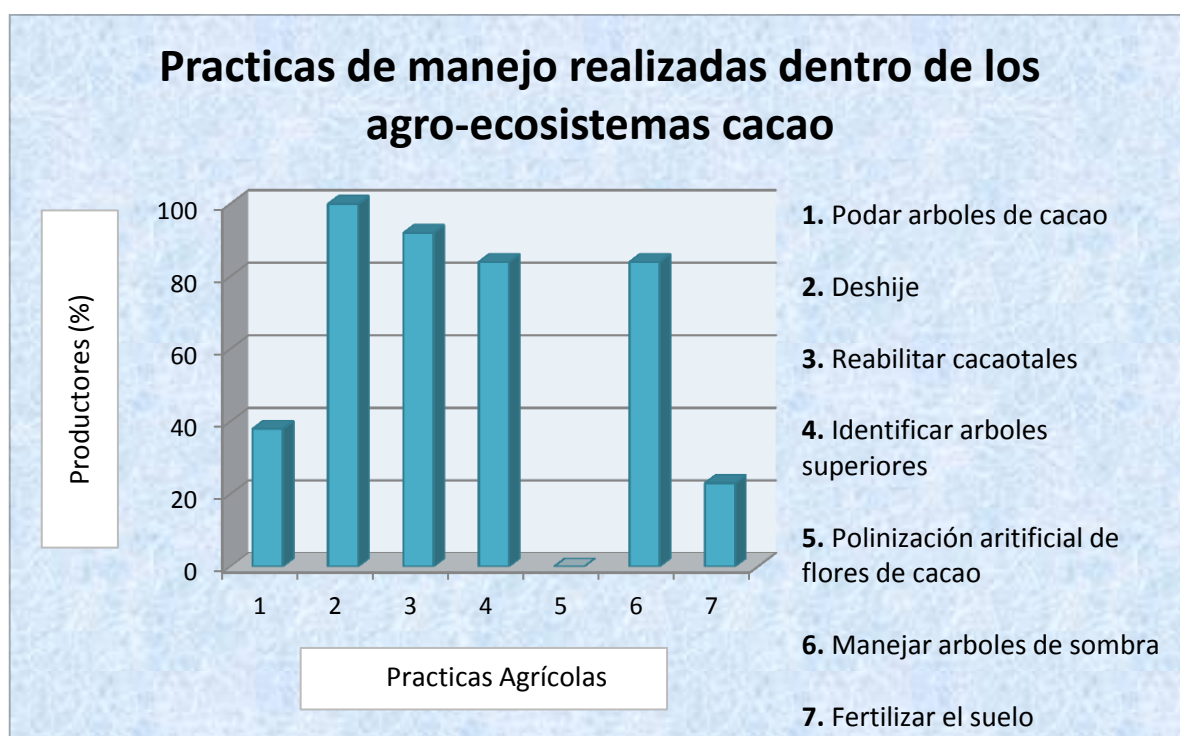


Figura 8. Prácticas de manejo que realizan los productores dentro del cacaotal, de la Aldea Barrios I, San Antonio Suchitepéquez, Suchitepéquez

En la grafica anterior se muestran las practicas básicas que se proponen para el manejo de un cacaotal, presentándose que en la poda de árboles de cacao todos los encuestados (100%) respondieron que si la realizaban, por medio de una poda de formación, pero en el momento de realizar la observación directa en campo se observó que solo un 38.46% de los productores la realizan, el otro 61.54% de los productores encuestados no la realizan teniendo como resultado árboles con una altura mayor de 7 metros del cuello de la planta hacia la copa, lo cual trae como consecuencia la falta de recursos para la cosecha y manejo de la humedad relativa dentro del cacaotal trayendo por consiguiente la pérdida del 60% de la producción por la aparición de *Phytophthora palmivora* (ya que no existe un manejo de eliminación de frutos infectados de la cosecha anterior), en la siguiente pregunta realizada todos los productores (100%) respondieron que si realizaban el deshije y al momento de la revisión de campo se observó que sí, el 100% deshijaban. El proceso de rehabilitación de los cacaotales los productores lo realizan eliminando las ramas y frutos en proceso de descomposición y eliminando los árboles de cacao no productivos, para el proceso de identificación de los mejores árboles los productores que lo realizan (84.61%) lo hacen por el proceso de recolección de frutos tomando los árboles más desarrollados y con mayor producción en el cacaotal, y el otro 15.39% mencionaron que no sabían de la técnica, luego se les mencionó de la práctica de polinización artificial de las flores de cacao y el 100% de los productores mencionaron no saber nada sobre este proceso, en el proceso de manejo de árboles maderables y frutales para regular la sombra el 84.61% mencionaron realizarlo por medio de la técnica de poda de aclareo y el 15.39% restante mencionaron no realizar esta técnica por falta de conocimiento y por las grandes alturas de sus árboles de sombra, para el proceso de fertilización de los cacaotales, el 23.07% de los encuestados respondieron que lo realizaban por medios químicos (urea), y el 76.93 % mencionaron que no era de utilidad y que los agroquímicos poseen un valor muy alto para utilizarlos por lo cual no lo aplican.

También es importante mencionar que los productores de la aldea Barrios I se encuentran realizando dos prácticas principales para la renovación de las plantas en fincas cacaoteras, según los resultados obtenidos, se tiene que un 76.92% de los productores producen su propia plántula por medio de la realización de almácigos y el 23.08% compra

su plántula a vecinos a un precio de Q.8.00/plántula (no injertada), con relación a la injertación de plantas de cacao ya sea a nivel de almacigo o en plantas ya establecidas un 7.69% de los productores mencionaron que si saben injertar las plantas ya establecidas, y que nunca han experimentado en plántulas de almacigo debido a la falta de conocimientos y práctica, en cuanto al 92.31% de los productores restantes mencionaron no saber nada de la técnica de injertación y que su producción por unidad de área es baja (3 quintales/ha/año) ya que la producción promedio anual promedio ideal es de 25 quintales/ha/año y por consiguiente se presenta que aproximadamente el 95% de estos productores abandonan sus plantaciones por obtener mejores ingresos emigrando hacia otros lugares de producción agrícola según la época (Ejemplo; en el cultivo de la caña durante el proceso de siembra y zafra), todo esto debido a la falta de asistencia técnica constante (una capacitación por mes) para el manejo de sus cacaotales y así llegar a obtener mejores rendimientos.

Dentro de los procesos post-cosecha agrícolas que se realizan en la semilla de cacao, se obtuvo un resultado del 100% de los productores con las respuestas positivas, ¿Fermenta la semilla de cacao?, ¿Seca la semilla de cacao? y ¿Reconoce cuando el cacao está seco y fermentado? Pero todos respondieron que de eso se ocupaban las amas de casa ya que es un proceso que lo realizan en el patio de su casa y que ellos por ir a su lugar de trabajo no pueden estar controlando.

### 1.5.1 Resultados de la problemática

#### A. Listado de problemas

1. El tamaño de las fincas cacaoteras de los productores es pequeña (0.52ha /productor).
2. Debido a que las fincas fueron heredadas por los productores se encuentran materiales de varias edades (hasta mayores de 20 años).
3. Los productores poseen poca producción por unidad de área (3 quintales/ha/año).
4. Los productores de cacao de la aldea poseen otras prioridades.
5. No se cuenta con una eliminación de la sombra temporal en cacao.
6. Los productores poseen gran número de materiales de cacao.
7. Los productores no poseen un arreglo ordenado de la sombra permanente en cacao.
8. No existe una eliminación completa de los frutos con *Phytophthora palmivora* (mazorca negra).
9. Abandono de las plantaciones debido a la baja productividad de ésta.

### 1.5.2 Priorización de la problemática encontrada en la producción cacaotera, de la Aldea Barrios I

Cuadro 1. Matriz de Vester de los problemas encontrados en la Aldea Barrios I

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	TOTAL
1		2	3	1	1	6	1	8	1	4
2	0		3	2	2	6	2	2	2	6
3	0	0		4	3	3	3	3	3	7
4	0	0	0		4	4	4	4	4	6
5	0	0	0	0		6	7	8	9	0
6	0	0	0	0	0		6	6	6	6
7	0	0	0	0	0	0		8	9	3
8	0	0	0	0	0	0	0		9	3
9	0	0	0	0	0	0	0	0		0

### 1.5.3 Problemática priorizada

1. Los productores poseen poca producción por unidad de área (3 quintales/ha/año).
2. Debido a que las fincas fueron heredadas por los productores se encuentran materiales de varias edades (hasta mayores de 20 años).
2. Los productores de cacao de la aldea poseen otras prioridades.
2. Los productores poseen gran número de materiales de cacao.

3. El tamaño de las fincas cacaoteras de los productores es pequeña (0.52 ha/productor).
4. Los productores no poseen un arreglo ordenado de la sombra permanente en cacao.
4. No existe una eliminación completa de los frutos con *Phytophthora palmivora*.

## 1.6 Conclusiones

- Se pudo recabar información importante de la situación actual de la producción de las Unidades Productivas Familiares cacaoteras de la aldea Barrios I mediante el uso de la herramienta La Encuesta utilizada como muestreo para el diagnóstico.
- Los problemas detectados mediante La Encuesta, fueron priorizados mediante el uso de la matriz de Vester, con el fin de detectar los problemas críticos que influyen negativamente en la producción de las fincas cacaoteras, logrando observar que existen cuatro rangos de problemas importantes en el manejo y producción de los agro-ecosistemas de cacao.
- De acuerdo a la Priorización de la problemática de la producción cacaotera de la Aldea Barrios I, se encontró que la mayor problemática en la producción de cacao, es su bajo rendimiento por unidad de área (3 quintales/ha/año), debido a la falta de consistencia en la capacitación técnica por medio de las asociaciones a las cuales pertenecen (ya que reciben únicamente una capacitación por mes), al contrario la falta de la eliminación de la sombra temporal no afecta negativamente en la producción de las familias cacaoteras, sino que produce beneficios económicos debido a los ingresos obtenidos por la venta de la producción de estos (banano y plátano).

## 1.7 Bibliografía

1. Bolaños, R; Watson, V; Tosi, J. 2005. Mapa ecológico (zonas de vida), según el sistema de clasificación de vida del mundo de L.R. Holdridge, escala 1:750,000, San José, Costa Rica, Centro Científico Tropical.
2. Cruz S, JR 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
3. Holdridge, L. 1959. Zonificación ecológica de América Central. Turrialba, Costa Rica, IICA. 216 p.
4. ING (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1970. Mapa de cuencas de la república de Guatemala, Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
5. \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ . 1971. Mapa topográfico de la república de Guatemala, hoja Suchitepéquez, no. 1959 III. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
6. \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ . Mapa geológico de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:50,000. Guatemala.
7. Quezada, R. 2005. Estudio poblacional de especies forestales en el área de conservación Tempisque, cantones de Nicoya, Hojanca y Nandayure; área de conservación Tempisque. Nicaragua, Ministerio de Ambiente y Energía, Sistema Nacional de Conservación. 192 p.
8. Simmons, C; Tarano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. p 276-277, 279.



## 1.8 Apéndice

### 1.8.1 Encuesta a hogares, fincas y cacaotales; Proyecto Cacao Centroamérica (PCC), Fase I

#### 1. INFORMACION SOBRE LA ENCUESTA

1.1 Nombre encuestador: \_\_\_\_\_

1.2 Fecha (día/mes/año): \_\_\_\_\_

1.3 Código de la encuesta: \_\_\_\_\_

#### 2. INFORMACION GENERAL SOBRE LA FINCA Y EL ENTREVISTADO

2.1 Nombre del entrevistado \_\_\_\_\_

2.2 Género del entrevistado \_\_\_\_\_

2.3 Edad del entrevistado (años) \_\_\_\_\_

2.4 Departamento \_\_\_\_\_ 2.5 Municipio \_\_\_\_\_

2.6 Comunidad/aldea \_\_\_\_\_

2.7 Cuantas fincas tiene usted \_\_\_\_\_

2.8 Tamaño o área total de la finca \_\_\_\_\_

2.9 Tiempo de tenencia de la finca (años) \_\_\_\_\_

2.10 Tiempo o experiencia del entrevistado en el cultivo de cacao (años)

\_\_\_\_\_

### 3. PRODUCCION, COMERCIALIZACION E INGRESOS EN LA FINCA

Cuáles son los cultivos o usos del suelo de sus fincas, como se reparten y en que superficies (áreas) se manejan en la fincas: pueden ser agrícolas: potreros, granos básicos, cultivos perennes, hortalizas, frutales, y “no agrícolas”: bosques, rastrojos, etc.

<b>Uso del suelo</b>	<b>¿Cuántos lotes tiene?</b>	<b>Área o superficie total</b>	<b>Unidad de superficie (ha, manzanas, cuerdas, etc.).</b>
Cacaotal			
Cafetal			
Bananal			
Platanar			
Cardamomo			
Chile			
Maíz			
Fríjol			
Arroz			
Hortalizas			
Tubérculos (Yuca, Tiquizque, etc.)			
Potreros			
Bosque			
Área de frutales			
Área de maderables (reforestación)			
Otro:			
Otro:			

¿Qué productos que no sales de sus cacaotales vende y a qué precio?



#### 4. ASPECTOS DE CONOCIMIENTO

¿Cuáles prácticas de manejo del cacaotal conoce usted o su familia?

¿Sabe cómo?	NO	SI	¿Cómo lo hace?	¿Quién más de su familia la conoce?
Podar árboles de cacao				
Deschuponar				
Rehabilitar cacaotales				
Controlar la Monilia				
Injertar plantas de cacao				
Identificar los mejores árboles de cacao				
Producir plantas de cacao				
Polinizar flores de cacao				
Hacer poda de formación de plantas de cacao injertado				
Manejar árboles maderables y frutales para regular la sombra que dan al cacao				
Fermentar cacao				
Secar el cacao				
Reconocer cuando el cacao está bien fermentado y secado				
Hacer registros de producción gastos e ingresos de su finca				
Producir cacao orgánico y hacer certificar sus parcelas				
Fertilizar el suelo del cacaotal				

## 5. ASPECTOS DE COOPERACION Y COMUNICACIÓN

¿Qué servicios recibe su organización y como lo califica?

<b>Servicio</b>	<b>Pésimo</b>	<b>Malo</b>	<b>Bueno</b>	<b>Muy Bueno</b>
Capacitación				
Asistencia Técnica				
Asistencia Crediticia				
Otro				

## CAPITULO II

---

**ESTIMACION DE LA CANTIDAD DE CARBONO ALMACENADO EN LOS SISTEMAS DE CACAO (*Theobroma cacao* L.), EN LOS DEPARTAMENTOS DE SUCHITEPEQUEZ Y RETALHULEU DEL SUR-OCCIDENTE DE GUATEMALA, C.A.**

## 2.1 Presentación

En las últimas décadas, con el desarrollo acelerado de algunas economías, la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera ha aumentado considerablemente, dando como resultado una serie de alteraciones al planeta causados generalmente por el hombre y fuerzas naturales (11), que incluyen el aumento en la temperatura (en los últimos 100 años la temperatura media anual del aire ha aumentado entre 0.3°C y 0.7°C) atribuido principalmente al aumento de las emisiones de GEI (6). El Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), es el segundo gas de importancia que interviene en el efecto invernadero del planeta y proviene del cambio de uso de la tierra, la deforestación en zonas tropicales, el uso de combustibles fósiles y la producción de cemento en países desarrollados (4) (9).

Debido a esta problemática mundial y sus posibles efectos sobre presentes y próximas generaciones y recursos naturales, es que la mitigación del cambio climático se ha convertido en un reto primordial para la economía y la ciencia dedicada a la conservación del medio ambiente. Una forma de mitigar el cambio climático radica en reducir las concentraciones de CO<sub>2</sub> mediante la implementación de sistemas agroforestales (SAF) que son capaces de capturar el CO<sub>2</sub> de la atmósfera y almacenarlo en la biomasa aérea y subterránea, y en el suelo, manteniéndolo por largos periodos de tiempo (14).

Los SAF, al asociar especies leñosas con cultivos agrícolas se convierten en una opción económica y ecológica para mitigar el cambio climático (Albrecht & Kandi/2003, Baer *et ál*, 2003, Swamy & Puri 2005, Andrade 2007). Estudios realizados recientemente indican que la ordenación local de los bosques con miras al secuestro de Carbono podría reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en una proporción equivalente al 11-15% de las emisiones producidas por la quema de combustible fósil durante el mismo periodo (5).

En el caso particular de Guatemala, existe poca información en cuanto a estimación de biomasa y cuantificación de carbono (C) en los sistemas agroforestales, solamente existe información sobre algunas especies forestales, tal es el caso de los estudios realizados por Montepeque Sierra, Cordón y Lee Pinto por parte de la Facultad de Agronomía de la

Universidad de San Carlos de Guatemala y estimaciones de Carbono en el sistema agroforestal de Café por parte de Fundación Solar (13).

En el Sur de Guatemala (departamentos de Suchitepéquez y Retalhuleu), existen diferentes usos de la tierra dedicadas a la producción de café, tubérculos, plátano, banano, granos básicos y cacao. De lo anterior se destacan los sistemas agroforestales de cacao, ya que además de producir cacao, producen otros bienes como madera, frutas, entre otras, y principalmente proveen servicios ambientales, tales como secuestro de carbono y conservación de la biodiversidad.

La presente investigación pretende contribuir con la generación de datos y análisis específicos sobre la captura de Carbono en los sistemas agroforestales de cacao del Sur de Guatemala (Suchitepéquez y Retalhuleu) como parte de estudio del Proyecto Cacao Centroamérica (PCC) del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE-Costa Rica-). Por ende se realizó una estimación del carbono almacenado en los diferentes componentes del sistema: Suelo, raíces finas y gruesas, hojarasca, necromasa y biomasa aérea, para tener una estimación completa y confiable del carbono almacenado. Además se analizó las diferentes correlaciones que existen con respecto a las condiciones de paisaje, sitio y composición botánica del dosel de sombra del cacao, dentro del carbono total y en diferentes componentes del sistema.



## 2.2 Marco Conceptual

### 2.2.1 Marco Teórico

#### A. Cambio Climático

El Cambio Climático Global o Calentamiento Global, es un proceso de origen antrópico, que resulta de la aceleración del efecto invernadero natural de la tierra. La importancia de este proceso radica en las consecuencias catastróficas que está generando en todo el mundo como el derretimiento de los polos, incremento del nivel de mar, sequías, huracanes, tormentas, desplazamiento de áreas agrícolas, migración de enfermedades, extinción de especies, entre otras (39).

#### B. Efecto Invernadero

El efecto invernadero, es un fenómeno natural que ha permitido mantener la temperatura de la tierra a niveles constantes y apropiados. Este fenómeno ocurre, cuando la radiación solar visible penetra hasta la superficie de la tierra y la calienta, y ésta a su vez emite radiación térmica, parte de la cual es retenida por los denominados Gases de Efecto Invernadero (GEI) entre los que se destacan: el Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ), Monóxido de Carbono (CO), Metano ( $\text{CH}_4$ ), Clorofluorocarbonos (CFC's) y Óxido Nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Cuando el sistema climático se encuentra equilibrado, la radiación solar absorbida está en armonía con la radiación emitida al espacio por la tierra, pero cuando la concentración de GEI en la atmósfera aumenta, este equilibrio se rompe y se provoca un aumento artificial en la temperatura media global del planeta (34).

Según el tercer informe del grupo I del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (Intergovernmental Panel On Climate Change -IPCC 2001-) (IPCC por sus siglas en inglés), desde finales del siglo XIX la temperatura media de la superficie terrestre ha aumentado  $0.6^\circ\text{C}$  y las temperaturas mínimas tienden a duplicarse por década en comparación con las máximas ( $0.2^\circ\text{C}$  y  $0.1^\circ\text{C}$ , respectivamente). La superficie de los hielos en el hemisferio Norte desde finales de los 60s, se ha reducido entre un 10-15%, así como también se ha observado un aumento ligero (uno a dos centímetros por década) del nivel del mar a lo largo del siglo XX.

### C. Gases de efecto invernadero

La tierra de forma natural está cubierta por gases que permiten la entrada de la energía solar, la cual calienta su superficie. Este es un efecto natural que mantiene a la tierra con una temperatura promedio arriba del punto de congelación y permite la vida tal como la conocemos. Sin embargo, algunos de los gases en la atmósfera, llamados Gases de Efecto Invernadero (GEI), impiden el escape de este calor hacia el espacio, incrementando la concentración de radiación calórica en la atmósfera baja y calentando la tierra (Figura 1). Las actividades humanas de los últimos tiempos (sobre la segunda mitad del siglo pasado), han incrementado la producción de GEI (principalmente de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$ ), lo que acelera y agrava el problema de calentamiento de la tierra (2).



Fuente: Encarta 2009

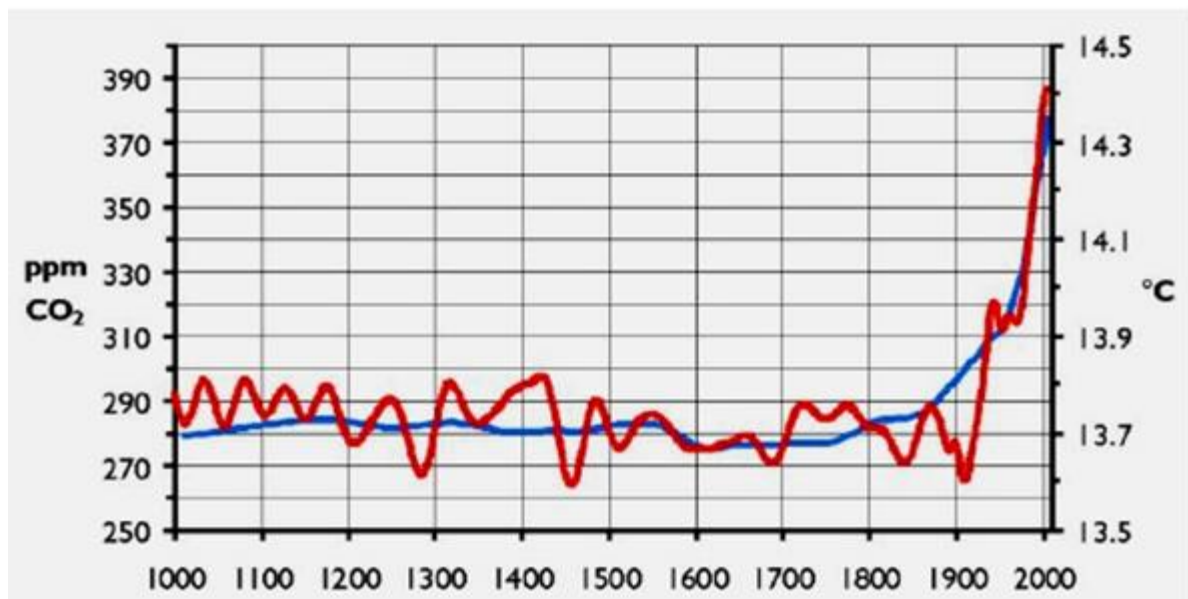
Figura 9. Esquema representativo del Efecto Invernadero

## D. Principales gases de efecto invernadero

### a. Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)

Se estima que el GEI que más influye en el calentamiento climático mundial, es el Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) y que la mayor parte del incremento en las concentraciones atmosféricas de este gas, provienen del uso de combustibles fósiles, mientras que el 20-25% proviene de la extensión de la frontera agrícola, la explotación comercial de bosques y el incremento de la oxidación de la materia orgánica en los suelos (Erickson, J. 1992).

Desde la revolución industrial, la concentración de gases de efecto invernadero se ha incrementado rápidamente; la concentración de 360 ppm del Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) en 1990, resultó 25% mayor que en la etapa preindustrial (antes de 1750), cuyo valor era de alrededor de 280 ppm (15).



Fuente: Wikipedia 2007

Figura 10. Concentración de dióxido de carbono en la atmósfera terrestre (azul) y la temperatura media global (rojo), en los últimos 1000 años

### b. Metano ( $\text{CH}_4$ )

El metano, producido mayormente por la degradación microbiana de compuestos orgánicos bajo condiciones anaeróbicas, es el tercer gas de importancia que interviene en el efecto invernadero del planeta. Su potencial de absorción de rayos infrarrojos procedentes de la tierra es 11 veces superior a la del Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ). Por este motivo, a pesar de su baja concentración en la atmósfera (1.7 ppm frente a 334 ppm de  $\text{CO}_2$ ), el  $\text{CH}_4$ , contribuye en aproximadamente 17% al calentamiento actual del planeta (19). Trabajos recientes muestran que el incremento de este gas en la atmósfera, se tornó al 1% anual, esto puede estar parcialmente producido por un descenso de la capacidad de oxidación en los suelos. (33)

### c. Monóxido de Carbono (CO)

Se obtiene por combustión incompleta de combustibles y se acumula en las urbes metropolitanas por ausencia de corrientes de aire, por alta concentración de fuentes emisoras y por la baja densidad de vegetación y suelo descubierto. Es un gas venenoso, incoloro, inodoro e insípido, que al ser inhalado obstaculiza la capacidad de la sangre para absorber el Oxígeno, lo cual afecta la facultad de ver, percibir y pensar, los reflejos se tornan más lentos, causa somnolencia e incluso inconsciencia y a veces puede causar la muerte a los humanos cuando son expuestos a concentraciones mayores a 750 ppm, ya que la sangre tiene una afinidad por el CO de 210-240 veces mayor que por el Oxígeno. (42).

### d. Oxido Nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ )

Es otro gas implicado en el efecto invernadero del globo. Se encuentra en la atmósfera con una concentración media de 350ppm (que aumenta en 0.2-0.3% al año) y tiene un potencial de absorción de rayos infrarrojos 180 veces superior a la del  $\text{CO}_2$ . Pero además, este gas también contribuye a la destrucción de la capa de ozono de la estratosfera (19). El Óxido Nitroso se produce de forma natural en los suelos a través de la nitrificación y la desnitrificación. Aunque el conocimiento sobre las emisiones de Oxido Nitroso desde el

suelo es todavía incompleto, diferentes estudios muestran que el manejo intensivo de los suelos es uno de los motivos del actual aumento del nivel de Oxido Nitroso en la atmósfera (33).

#### e. Clorofluorocarbonos (CFC´s)

Es otra forma de gases que incluso se utilizan como sustitutos al HFC´s (Hidrofluorocarbonos), que es otro gas de menor efecto. No existe como fuente natural, pero como fuente artificial, proviene de productos para la refrigeración, propelentes de envases pulverizadores (aerosoles) (7).

#### E. Carbono (C)

En la naturaleza el Carbono se halla en; el agua bajo la forma de compuestos carbónicos disueltos (los carbonatos); en el aire como dióxido de carbono o anhídrido carbónico; en los organismos vivos, quienes se constituyen por compuestos de Carbono, que obtienen como resultado de sus procesos metabólicos realizados durante su crecimiento desarrollo, y son liberados cuando se mueren. Aproximadamente, el 50% del peso seco de cualquier organismo se constituye de Carbono, por lo que es uno de los más importantes de la vida (18).

#### F. Almacenamiento y fijación de Carbono

El almacenamiento y la fijación de Carbono es uno de los servicios ambientales de los ecosistemas forestales y agroforestales. La fijación de carbono se genera en el proceso de fotosíntesis realizado por las hojas y otras partes verdes de las plantas, que capturan el CO<sub>2</sub> de la atmósfera y producen carbohidratos, liberan oxígeno y dejan Carbono que se utiliza para formar la biomasa de la planta, incluyendo la madera en los árboles.

La fijación de Carbono en especies leñosas perennes se basa en dos premisas; **Primero**, el CO<sub>2</sub> es un gas atmosférico que circula en el planeta, por lo tanto, las actividades dirigidas a eliminar GEI de la atmósfera tendrán la misma eficacia tanto si se realiza cerca de las fuentes de emisiones, como en el extremo opuesto del globo terrestre; **Segundo**,

las plantas absorben  $\text{CO}_2$  de la atmósfera en el proceso de fotosíntesis y la utilizan para sintetizar azúcares y otros compuestos orgánicos utilizados en el crecimiento y el metabolismo (27).

### G. Ciclo de Carbono

El ciclo del Carbono comienza con la fijación del Anhídrido Carbónico ( $\text{CO}_2$ ) atmosférico a través de los procesos de la fotosíntesis realizados por las plantas y ciertos microorganismos. En este proceso, el  $\text{CO}_2$  y el agua reaccionan para formar carbohidratos y liberar oxígeno a la atmósfera. Parte del carbohidrato se consume directamente para suministrar energía a la planta y el  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$ . 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  $\text{CO}_2$  y regrese a la atmósfera (30).

La velocidad de absorción del  $\text{CO}_2$  es directamente proporcional al crecimiento de los árboles, preservar los bosques naturales es una manera poco eficaz de fijar  $\text{CO}_2$ , de lo contrario, una ordenación de especies leñosas perennes aprovechadas en el mejor momento, convertir la madera en productos duraderos y promover la regeneración, permite fijar el máximo posible de Carbono; evidentemente esta medida de aprovechamiento tiene límites, pues la utilización industrial de los bosques no es factible desde el punto de vista de conservación del ecosistema, de la biodiversidad y del fondo genético (23).

De esta forma, el manejo de plantaciones de especies leñosas perennes con diferentes enfoques de manejo permiten generar servicios ambientales, paisaje, control del clima y conservación de agua, variabilidad genética, biomasa, etc. Además, la producción de especies leñosas perennes es un sistema de múltiples entradas y salidas, desde el punto de vista de la fijación de Carbono, se asume que generan un proceso de producción multi-entrada/doble-salida, donde se analiza el manejo del bosque con respecto a la producción de dos servicios principales: Madera y Carbono Orgánico (17).

En ese sentido, los bosques tropicales, las plantaciones forestales y los sistemas agroforestales, y en general, aquellas actividades que lleven a la ampliación de una cobertura vegetal permanente, pueden cumplir la función de "Sumideros de Carbono" (8).

#### H. Sumideros de Carbono

Entre los sumideros de Carbono, se encuentran los propios suelos agrícolas, cuya capacidad de almacenar Carbono está directamente relacionada con el contenido de materia orgánica de los mismos (35).

Una parte del Carbono fijado es transformado en biomasa y la otra parte es liberada a la atmósfera por medio de la respiración. Los bosques del mundo absorben 110 Gt Carbono/año, mientras que mediante la respiración emiten 55 Gt Carbono/año y por medio de la descomposición emiten de 54 a 55 Gt Carbono/año (30).

Investigaciones recientes sugieren que la calidad del manejo forestal puede hacer una contribución significativa en controlar los niveles de CO<sub>2</sub> en la atmósfera; actividades de uso de la tierra que pueden contribuir a este fin son: La conservación de bosque en peligro de deforestación, rehabilitación de bosques, forestación, reforestación y agroforestería. La alternativa más viable de ampliación de sumideros de GEI es la forestación de nuevas áreas de tierra que presentan características favorables para ello. Las variables a considerar para elevar al máximo la fijación de Carbono incluyen: Las especies de árboles a plantar, las tasas de crecimiento y la longevidad de las mismas, las características del sitio a forestar, los períodos de rotación y la duración y uso de los productos forestales a extraer (12).

Por otro lado, los bosques en crecimiento se convierten en sumideros de Carbono al registrar una absorción neta de CO<sub>2</sub> de la atmósfera, en la biomasa y en el suelo. El hombre puede, mediante la ordenación forestal, modificar la magnitud de las reservas de Carbono e inducir cambios en la circulación de este elemento, alterando así la función de tales reservas en el ciclo del Carbono y posiblemente afectando el clima en forma positiva (3).

La deforestación contribuye al aumento del CO<sub>2</sub> en la atmósfera de dos formas: Disminuyendo la cobertura vegetal (capaz de fijar Carbono atmosférico) y por la liberación de CO<sub>2</sub> a la atmósfera a través de la quema y descomposición de biomasa, incluida parte de la materia orgánica en el suelo (16).

### I. Biomasa y Carbono

La biomasa se define como la suma total de la materia viva que se encuentra en un ecosistema en un momento determinado y se expresa en términos de peso seco, masa o volumen (32). Los estudios de biomasa son importantes para comprender el ecosistema forestal, ya que explican la distribución de la materia orgánica en el sistema y permiten evaluar los efectos de una intervención, respecto a su equilibrio en el ecosistema (40).

Existen diferentes métodos para estimar la biomasa, los utilizados más frecuentemente son: **a)** Aplicación de una ecuación de regresión específica a especies de árboles individuales a diámetro y/o otras medidas de los árboles, **b)** Aplicación de una ecuación de regresión genérica a diámetro y otras medias de árboles, **c)** Estimación de tablas de biomasa específicas para especies o genéricas basadas en diámetro y/o altura, **d)** Uso de tablas de rendimiento estándar para estimar el volumen de fuste y aplicando la gravedad específica se convierte a biomasa de fuste, posteriormente se aplica un factor de expansión para estimar biomasa total del árbol, **e)** Uso de la técnica del árbol promedio (MacDicken 1997 y Snowdon et al. 2001, citados por Andrade s.f).

Estudios realizados tanto en Norteamérica como en Europa y Asia, concuerdan en que la evaluación de la biomasa arbórea debe contemplar la separación de componentes en fuste, hojas y ramas, debería separarse también corteza y raíces (24).

En términos porcentuales el fuste del árbol concentra la mayor cantidad de biomasa aérea, representado entre 55 al 77% del total, luego están las ramas, de 5 a 37%; seguido por las hojas entre 1 a 15% y finalmente la corteza del fuste entre 5 a 16% respectivamente (32). La contribución porcentual de los diferentes componentes (fuste, corteza, ramas, hojas y raíces) en la biomasa total de un árbol varía considerablemente dependiendo de la especie, edad, sitio y tratamiento del agro-ecosistema (32).



Los ecosistemas forestales se pueden identificar diferentes compartimientos en los cuales se almacena el Carbono. En términos generales se habla de la biomasa aérea, necromasa, biomasa subterránea, Carbono en el suelo, productos derivados de la madera en el caso de aprovechamiento forestal y otros productos no maderables (31).



Fuente: IPCC, 2003.

Figura 11. Componentes del almacenamiento de carbono

## J. Sistemas Agroforestales y fijación de Carbono

En principio, la capacidad de secuestrar Carbono de cualquier ecosistema terrestre depende principalmente de dos componentes: *el área total de esos ecosistemas y el número de árboles por unidad de área*. Los SAF pueden contener sumideros considerablemente grandes de Carbono y en algunos casos se asemejan a los encontrados en bosques secundarios (Cuadro 1). Asimismo, la cantidad de Carbono acumulada en el suelo aumenta en los sistemas agroforestales (39).

Los sistemas agroforestales no son sólo una alternativa de producción sostenible, sino una oportunidad para diversificar las fincas e incrementar las fuentes de ingresos con la posible venta de servicios ambientales por reducción del CO<sub>2</sub> atmosférico. El establecimiento de mercados de servicios ambientales puede contribuir de distintas maneras al desarrollo sostenible en el medio rural y en algunos casos sus beneficios trascienden el nivel local y adquiere una dimensión regional y hasta global. El desarrollo de estos mercados puede conducir al surgimiento de nuevas actividades económicas, generación de empleo y de ingresos a los propietarios de recursos generadores de servicios ambientales. También, permite la transferencia de conocimientos y de recursos de otros sectores nacionales e internacionales al medio rural (36).

El almacenamiento de Carbono depende: de la especie arbórea y densidad de siembra, la materia orgánica presente en el suelo, edad de los componentes, tipos de suelos, características del sitio, factores climáticos y el manejo agroforestal al que se vea sometido (38).

Cuadro 2. Resumen de las opciones para la captura de Carbono (C)

Opción	Densidad de Carbono	Secuestro (Corto plazo)	Costo de C
Reducir deforestación y protección de bosques	Alta	Bajo	Bajo
Reforestación	Moderada	Alto	Moderado
Silvicultura	Alta	Moderado	Bajo
Agroforestería	Baja	Moderado	Moderado
Plantaciones de Madera para Leña	Moderada	Alto	Alto
Productos Forestales	Baja	Bajo	Bajo

Fuente: KANINEN, 1997.

### a. Carbono fijado

Se refiere al flujo de Carbono de la atmósfera a la tierra producto de la recuperación de zonas (regeneración) previamente taladas, desde pastizales, bosques secundarios hasta llegar al bosque clímax. El cálculo por lo tanto está definido por el crecimiento de la biomasa convertida a Carbono (1).

### b. Carbono no emitido

Se refiere al carbono salvado de emitirse a la atmósfera por un cambio de cobertura. Se fundamenta en un supuesto riesgo que se tiene de eliminación de las plantas y por ende de emisión de Carbono. El valor estimado considerando el Carbono real y una tasa de podas (1).

### c. 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). Estos almacenes incluyen (18):

- $C_v$  = 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)
- $C_r$  = Carbono ahorrado por no utilizar combustibles fósiles (proyectos bio-energéticos).

### i. Carbono en vegetación ( $C_v$ )

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).

ii. Carbono en descomposición (Cd)

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

iii. Carbono en suelos (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 capas y compactando, almacenan una cierta cantidad de Carbono, misma que aumentará por la continuidad del proceso de formación del suelo (18).

iv. Carbono potencial (Cp)

Se refiere al Carbono máximo o Carbono real que pudiera contener un determinado tipo de vegetación, asumiendo una cobertura total y original (1).

v. Carbono real (Cr)

Se refiere al Carbono almacenado considerando las condiciones actuales de cobertura en cuando al área y el estado de sucesión: Bosque primario, bosque secundario, potreros (1).

- Bosques primarios: Ecosistema caracterizado por la abundancia de árboles maduros relativamente no afectados por actividades humanas. Los impactos humanos en estas áreas han sido normalmente limitados a niveles bajos de caza artesanal, pesca y agricultura migratoria con periodos de descanso prolongados (1).
- Bosques secundarios: Ecosistemas que se regeneran luego de disturbios sustanciales (inundaciones, fuegos, cambios en el uso del suelo o extracciones de madera extensivos e intensivas), caracterizados por la escasez de árboles, maduros y por la abundancia de especies pioneras, al igual que por rebrotes en el

sub-piso densos y plantas herbáceas. Aunque los bosques secundarios generalmente llegan a su punto máximo de acumulación de biomasa dentro de un ciclo de aprovechamiento, la transición hacia un bosque primario usualmente requiere de varias rotaciones de distintas duraciones, dependiendo de la severidad del disturbio original. La transformación irreversible de los suelos subyacentes y del ciclo de nutrientes ocasionados por el uso crónico o intenso pueden hacer imposible el retorno al bosque primario original (1).

## K. Parámetros técnicos para inventarios de Carbono

### a. Biomasa aérea

Está compuesta por los árboles, la vegetación arbustiva y la vegetación herbácea (13). 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, pueden 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 hace referencia a las raíces de la vegetación del ecosistema estudiado. Un método sencillo es realizar una estimación conservadora de 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 (13)

Existe una variedad de métodos directos e indirectos para estimar la biomasa de raíces. Entre ellos, los más usados son los métodos directos (destructivos y no destructivos), es decir, la excavación de raíces o el muestreo de cilindros del suelo. También, existen métodos indirectos, que se han venido desarrollando en los últimos años como son: uso de cámaras de video, radar, o modelos tridimensionales, pero que presentan limitaciones

tanto económicas como de su aplicabilidad práctica (Schlönvoigt et al. 2000, Snowdon et al. 2001, citado por Nieto et al. 2005).

#### 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 (13).

#### d. Suelos

Los suelos son a menudo grandes almacenes de Carbono orgánico e inorgánico. El Carbono edáfico puede ser determinado efectivamente usando muestras compuestas que representan múltiples parcelas. Esto ayuda a reducir los costos y provee estimados razonables (24).

No hay un acuerdo internacional sobre el método de monitorear cambios en Carbono del suelo. La acumulación en el suelo es función de la densidad aparente, la cual está en función de otros parámetros, tales como las tasas de deposición, descomposición y traslocación. El cambio en el Carbono orgánico del suelo necesita ser medido a lo largo del sitio del proyecto, a una profundidad de 30 cm, ya que el cambio de uso del suelo tiene mayor efecto en las capas superiores (IPCC, 1996).

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 (13).

#### L. Descripción de la especie de cacao

Género: *Theobroma*

Especie: *Theobroma cacao* L.

Nombre común: Cacao

El cacao es una planta originaria de los trópicos húmedos de América y pertenece a la familia Sterculiaceae. Es una especie umbrófila que requiere de 60 a 70% de sombra en los primeros cuatro años y de 30 a 40% en plantaciones adultas o en áreas con una estación seca mayor de dos meses (37).

Cuando se buscan altos rendimientos se deben mantener buenos niveles de radiación solar y elevada fertilidad del suelo. En suelos de baja fertilidad se recomienda cultivar el cacao bajo sombra para amortiguar las demandas nutricionales del cultivo (37). Los árboles comienzan a fructificar después de los 5 años de edad; sin embargo el material híbrido es muy precoz y puede comenzar a fructificar a los 2 años de establecido en el campo (37).

El árbol de cacao generalmente, tiene un tronco recto que puede desarrollar su primer molinillo u horqueta entre los 80 y 120 cm. La raíz principal es pivotante y tiene muchas secundarias, la mayoría de las cuales se encuentran en los primeros 30 cm del suelo. Las hojas son simples y enteras, las flores y frutos se producen en cojines sobre el tejido maduro (37). En condiciones de cultivo, el follaje se limita con la densidad de siembra y las podas.

El cacao crece, se desarrolla y produce en diferentes pisos térmicos, desde el nivel del mar hasta 1.300 m de altura, como sucede en Colombia. En América Central se cultiva hasta los 650 msnm; sin embargo, en Honduras se han observado pequeñas plantaciones

a una altura de 800m (37). Esta especie requiere temperaturas que van de 20°C a 30°C, una precipitación de 1.200 a 2.500 mm año<sup>-1</sup> y una humedad relativa de 70 a 90%. Los suelos deben ser sueltos, con contenidos mayores del 5% de materia orgánica y provistos de fósforo y potasio, con buen drenaje y profundidad efectiva superior a 1.2 m (37).

#### M. Sistemas agroforestales de cacao

Según Montagini este tipo de sistema agroforestal, se clasifica como un SAF simultanea, donde especies arbóreas (*Scheelea preussii*, *Terminalia oblonga*, *Enterolubium cyclocarpum*, *Sickingia salvadorensis*, *Triplaris melaenodendrum*, *Cydistax donnell-smithii*, *Andira inermis*, especies indicadoras del área de estudio) se encuentran asociadas con cultivos perennes (cacao).

En este sistema, se pueden encontrar algunos árboles de sombra naturales del bosque que incluyen frutas como mango (*Mangífera indica*), aguacate (*Persea americana*), naranja (*Citrus reticulata*), así como árboles maderables. A medida que el cacao y los otros componentes maduran, se desarrolla un sistema de estratos múltiples de dosel cerrado y con la mayoría de cualidades positivas del bosque natural.

El asocio de árboles y cultivos (bananos, cítricos, entre otros) en la plantación de cacao, da lugar a numerosas interacciones ecológicas, agronómicas y económicas, que incluyen la conservación de biodiversidad, suelos, agua y la generación de servicios ambientales como el secuestro de Carbono. Además, cultivos como maíz, plátano o yuca, permite aprovechar mejor los nutrientes del suelo y proveer sombra temporal a las plantas jóvenes de cacao.

El establecimiento de maderables en los cacaotales, es una alternativa simple y barata para remplazar la sombra improductiva y difícil de manejar. Los maderables se benefician de la fertilidad de los suelos donde se siembra cacao y de la disponibilidad de agua durante todo el año en la zona.



## N. Ecuaciones o modelos alométricos

Un modelo alométrico es una relación matemática entre una variable independiente y una dependiente, que tiene por objeto explicar las relaciones existentes entre los atributos y dimensiones del árbol y el peso seco de sus componentes (biomasa). La variable independiente puede ser estimada a partir de métodos destructivos (peso de componentes de individuos) o partir de parámetros biométricos estimados en campo directamente (DAP, altura) (28).

La ventaja de esta técnica es que las prácticas destructivas se realizan una sola vez, y a partir de las ecuaciones generadas, se puede estimar la variable independiente basándose en datos de inventarios forestales. Las desventajas giran en torno a que: las ecuaciones son basadas en un mínimo grupo de individuos o especies; no se puede generalizar una ecuación estimada a otro tipo de vegetación, y su aplicación es restringida para los árboles con parámetros de medición directa en campo (28).

Los estudios de biomasa son esenciales para obtener un aproximado de la cantidad de Carbono almacenado, ya que de acuerdo a varios autores la relación de la biomasa seca total con el Carbono es de aproximadamente 2:1 (Cielsa 1996 y Snowdon et al. 2001). Por ello, las evaluaciones más recientes utilizan métodos estadísticos que permiten tomar en cuenta la diversidad de especies y sus dimensiones.

La cuantificación de Carbono almacenado en un bosque o una especie forestal específica, se realiza a través de la estimación de biomasa, conociendo como tal a la cantidad total de materia orgánica viva de la parte aérea de las plantas, expresada como toneladas en peso seco al horno por unidad de área (3). Dicha estimación se puede realizar por el método destructivo que consiste en cortar los árboles y realizar las mediciones respectivas, o por el método no destructivo, el cual estima la biomasa por medio de análisis de regresión (Araujo et al. 1999). MacDiken (1997) (24) señala que lo ideal para realizar análisis de regresión es tener una muestra con 30 o más individuos.

Brown et al. (1989) indican que se han desarrollado modelos generales como herramienta para estimar el contenido de biomasa aérea en inventarios forestales. Estos pueden ser

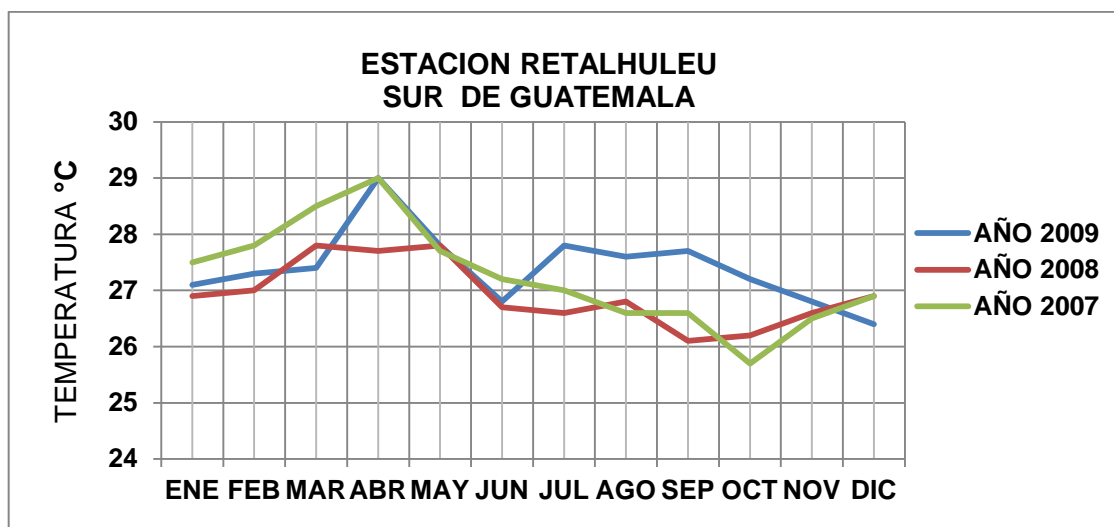
utilizados, en forma general, cuando no existen modelos específicos para zonas o condiciones particulares. Por su parte, Segura (1997) (38) manifiesta que luego de muchos estudios en campo y laboratorio se han generado modelos alométricos específicos para algunas especies forestales de uso comercial, los mismos que para estimar biomasa únicamente requieren de valores tomados en campo como DAP y altura del árbol y por simple aplicación del modelo se obtiene la biomasa. De esta forma las ecuaciones alométricas se convierten en herramientas muy útiles de uso fácil y de aplicación inmediata con solo disponer un juego de datos de campo tomados en árboles en pie sin necesidad de destruirlos.

## 2.2.2 Marco Referencial

### A. Condiciones edafoclimáticas del área de estudio

Las áreas seleccionadas para la presente investigación corresponden a la ubicación de una red de 36 parcelas de sistemas agroforestales de cacao, localizadas en los municipios de Chicacao, San Miguel Panán, San Antonio Suchitepéquez (departamento de Suchitepéquez), San Sebastián y el Asíntal Retalhuleu (departamento de Retalhuleu), del Sur de Guatemala.

El clima es cálido, con temperatura promedio mensual de 24°C a 28°C (como se muestra en la Grafica No. 1) y 27.2°C de temperatura media anual (como se muestra en la Grafica No. 2). De acuerdo a las coordenadas geográficas en donde se encuentra ubicado el país de Guatemala se presentan dos temporadas: La lluviosa que por lo general se presenta en los meses de mayo a octubre y la seca que va de noviembre a abril; de estos los meses más calurosos son marzo y abril, el promedio de precipitación anual se encuentra entre los 2,500 mm y 4,000 mm (como se muestra en la Figura 15).



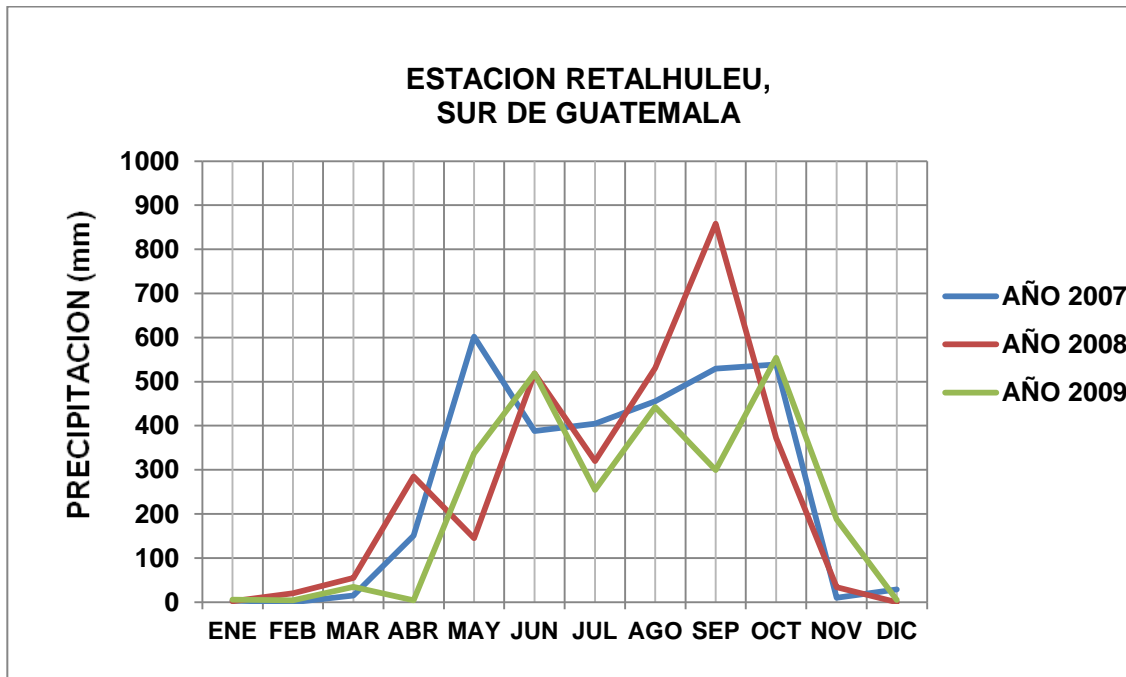
Fuente: INSIVUMEH

Figura 12. Temperatura media mensual del área de estudio



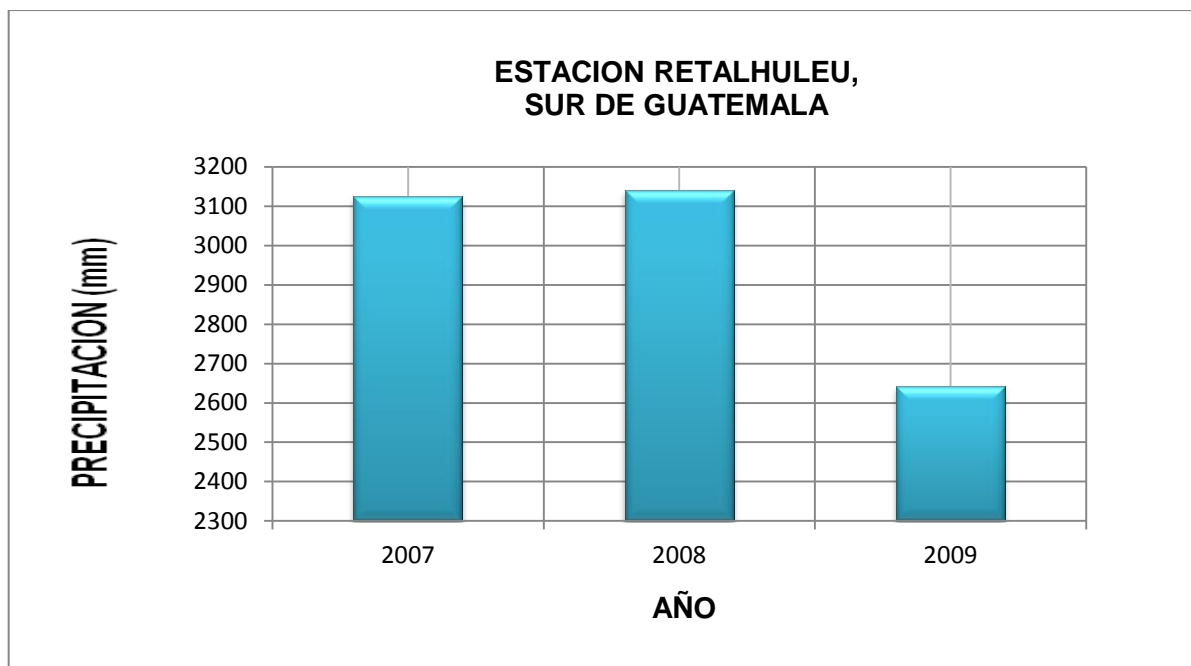
Fuente: INSIVUMEH

Figura 13. Temperatura media anual del área de estudio



Fuente: INSIVUMEH

Figura 14. Precipitación mensual del área de estudio



Fuente: INSIVUMEH

Figura 15. Precipitación anual del área de estudio

Dentro de las áreas de estudio los suelos que se presentan, se encuentran comprendidos dentro de la división fisiográfica que corresponde a los suelos de Declive del Pacífico, que se extiende desde el pie de monte de las montañas volcánicas, hasta la orilla del Litoral del Pacífico. Son suelos jóvenes y profundos, desarrollados sobre material fluvio y volcánico; el área está formada por abanicos fluviales traslapados de material arrojado por los volcanes en época relativamente reciente.

Los suelos se caracterizan por ser profundos y con inclinaciones medias (7-12% de pendiente), localizándose inclinaciones planas (1-5% de pendiente) en las áreas de San Antonio Suchitepéquez y San Sebastián Retalhuleu, e inclinaciones pronunciadas (>15% pendiente) en las áreas de Chicacao, San Miguel Panán y El Asíntal.

La fertilidad natural de estos suelos es alta, con un promedio de 8% de materia orgánica, lo cual es ideal para el cultivo de cacao y otros cultivos como: Café, hule, caña de azúcar, palma africana, granos básicos y producción de tubérculos.

## B. 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 pueden mencionar, el realizado por Fundación Solar en 1998, 1999 y 2000. Con la colaboración de la Universidad del Valle de Guatemala, PROARCA/CPAS 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).

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 con “El inventario nacional de Gases de Efecto Invernadero” junto con la Primera Comisión Nacional sobre el Cambio Climático”.

Según Córdova (2002), en el estudio realizado sobre estimación de biomasa y carbono para *Pinus oocarpa* Schiede, *Pinus maximinoi* H.E Moore y *Pinus caribea* Morelet Var hondurensis en algunos bosques naturales de Guatemala, 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 primer modelo creado con especies y condiciones de Guatemala, y presenta un coeficiente de determinación alto (95%) es un modelo confiable para estimar biomasa.

Lee (2002), estimó la biomasa total por encima del suelo en tres especies latifoliadas: *Vochysia guatemalensis*, *Calophyllum brasiliense* y *Cyristax donnell-smithii* en bosques naturales de Guatemala. Los modelos generados son exponenciales, estos modelos son: *Cyristax donnell-smithii* ( $Biomasa = e^{(1.469255 + 0.0009 \text{ DAP} + 0.470835 \text{ Altura} - 0.013751 \text{ Altura}^2 + 0.000676 \text{ DAP}^2)}$ ), *Vochysia guatemalensis* ( $Biomasa = e^{(4.420177 + 0.061182 \text{ DAP} + 0.134815 \text{ Altura} - 0.004806 \text{ Altura}^2)}$ ), *Calophyllum brasiliense* ( $Biomasa = e^{(3.8926 + 0.0325 \text{ DAP} + 0.06518 \text{ Altura})}$ ), y 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 *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:  $y = 0.07035D^{2.56}$   $R^2 = 0.93$  y Ecuación 2:  $y = 0.02314 D^2H - 3.3042$   $R^2 = 0.98$ , respectivamente. El contenido de carbono total en las plantaciones fue de 99 t C/ha, 112 t C/ha, 104 t C/ha, 118 t C/ha, 110 t C/a, en las fincas de edades 8, 12, 13, 15, 16 años respectivamente.

## 2.3 Objetivos

### 2.3.1 General

- Contribuir con la generación de información de los servicios ambientales que brindan los sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao* L.), del Sur de Guatemala.

### 2.3.2 Específicos

- Determinar la cantidad de carbono almacenado en los sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao* L.) en toneladas de Carbono por hectárea (tC/ha), mediante análisis de biomasa arriba y abajo del suelo, hojarasca/materia muerta, necromasa y suelo, en una red de 36 parcelas de muestreo en el Sur de Guatemala.
- Determinar el tipo de capacidad de almacenamiento (alta, media, baja) que poseen los sistemas agroforestales de cacao del área de estudio.
- Determinar los componentes más importantes en la estimación de la cantidad de Carbono almacenado en los sistemas agroforestales de cacao.
- Mencionar la importancia de la diversidad de especies maderables y frutales dentro del dosel de sombra en los sistemas agroforestales de cacao en estudio.
- Determinar el aporte de Carbono almacenado en los suelos de los sistemas agroforestales de cacao del área de estudio.



## **2.4 Metodología**

### **2.4.1 Fase de campo**

Para el proceso de muestreo en campo de suelo, raíces, necromasa, hojarasca y toma de diámetros y altura de árboles de cacao y sombra, en los sistemas agroforestales de cacao, fue necesario establecer una red de estudio de 36 parcelas de cacao y tres en bosques naturales en los municipios de Chicacao, San Miguel Panán, San Antonio Suchitepéquez (del departamento de Suchitepéquez), San Sebastián y el Asíntal (del departamento de Retalhuleu), donde se buscó la mayor heterogeneidad de las fincas, en función de la estructura vegetal, utilizando los siguientes criterios de selección.

#### **a) Dos rangos de altitud**

- **Zona Alta:** Sistemas agroforestales ubicados a más de 350 metros sobre el nivel del mar.
- **Zona Baja:** Sistemas agroforestales ubicados a menos de 330 metros sobre el nivel del mar.

En la zona alta, se seleccionaron en total 18 SAF de cacao, de igual forma que en la zona baja, en función de la información proporcionada por las organizaciones de productores de cacao de la zona de estudio (Asociación de Sembradores de Cacao de la Cuenca del Nahualate –ASECAN- y Asociación de Productores de Cacao –APROCA-), y la observación directa en campo.

#### **b) Dos condiciones de macro-paisaje**

Según el protocolo de investigación para el estudio de Carbono realizado por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza -CATIE-, el estudio de macro-paisaje consistió en el análisis de la estructura de la vegetación en un diámetro de 2 km (esta condición fue definida por un disco cuyo centro, es el centro geo-referenciado del cacaotal de estudio), las áreas de la zona donde se localizaban las parcelas de muestreo fue identificado como un paisaje abierto, debido a ésta característica se consideró seleccionar

cacaotales con un mayor y menor dosel de sombra. Para ello se utilizaron los siguientes criterios:

- **Cacaotal abierto:** Cacaotal con una cobertura de sombra muy escasa y/o esparcida de menos del 40%.
- **Cacaotal cerrado:** Cacaotal con una cobertura de sombra densa y/o continua de más del 60%.

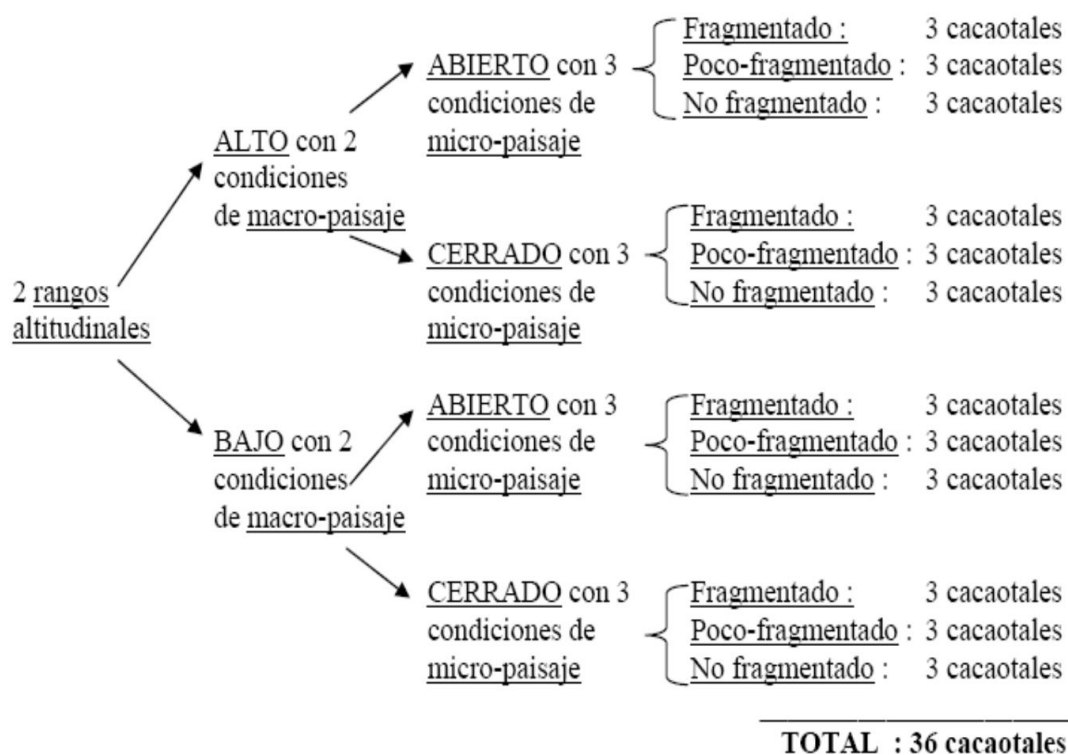
### c) Tres condiciones de micro-paisaje

Esta clasificación se basó en el tipo de colindante, para ello se realizó un caminamiento geo-referenciando el perímetro de la parcela (tomando una serie de puntos con GPS, colocando una marca en cada cambio de colindante –Cuadro 8A-), con lo cual se determinó el porcentaje de cacao que rodea cada parcela de estudio de acuerdo al perímetro total ( $[\text{perímetro de la parcela rodeado de cacao} / \text{perímetro total de la parcela}] * 100$ ). Se clasificaron los cacaotales en tres tipos:

- **Fragmentado:** Sistema de cultivo de cacao rodeado por 0 a 25% de cacao.
- **Poco-fragmentado:** Sistema de cultivo de cacao rodeado por 26 a 75% de cacao.
- **No-fragmentado:** Sistema de cultivo de cacao rodeado por 76 a 100% de cacao.

Un micro-paisaje no fragmentado es un sistema agroforestal de cacao rodeado por el 100% de cultivo de cacao y al contrario, un micro-paisaje fragmentado es un sistema agroforestal de cacao ubicado en una matriz de sistemas de otros tipos naturales o cultivados.

Considerando las variables anteriores para el establecimiento de la red de parcelas con características heterogéneas, a continuación se presenta una grafica que muestra la cantidad de parcelas de muestreo (cacaotales) seleccionadas.



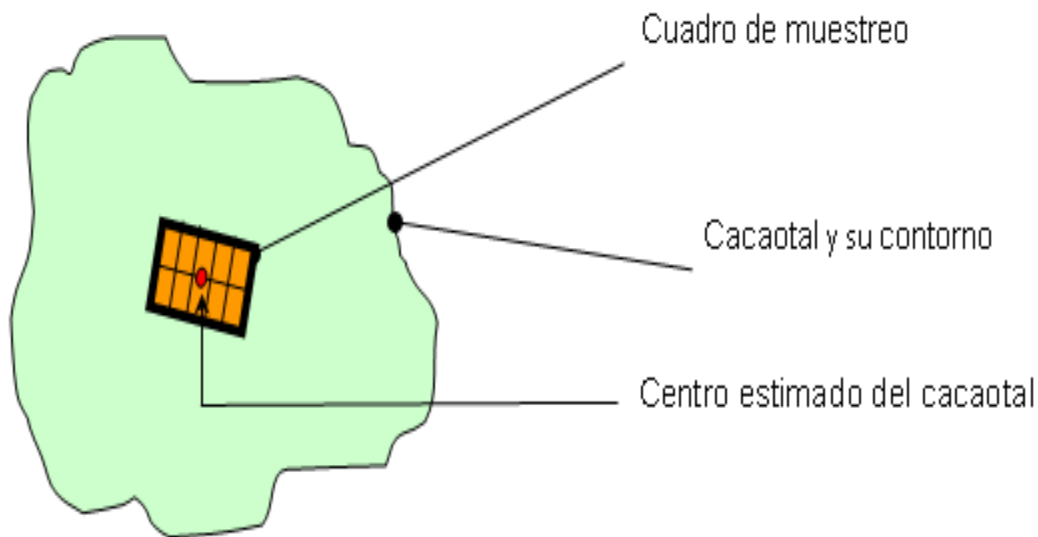
Fuente: Protocolo investigaciones CATIE

Figura 16. Características de la red de parcelas

Los 36 cacaotales de la red de parcelas de muestreo, se localizan en las comunidades de Chicacao (3 parcelas), San Miguel Panán (10 parcelas), San Antonio Suchitepéquez (14 parcelas) en el departamento de Suchitepéquez, San Sebastián (5 parcelas) y el Asíntal (4 parcelas) en el departamento de Retalhuleu. A cada una de las parcelas seleccionadas para formar parte de la red de parcelas de muestreo se le atribuyó un orden numérico sencillo con dos cifras (01, 02, 03,.....hasta 36). De la misma forma se indicó la ubicación del cacaotal seleccionado con respecto al relieve (parte plana, pie de loma, media loma o cumbre) –Ver Cuadro 9A-

### A. Toma de Muestras

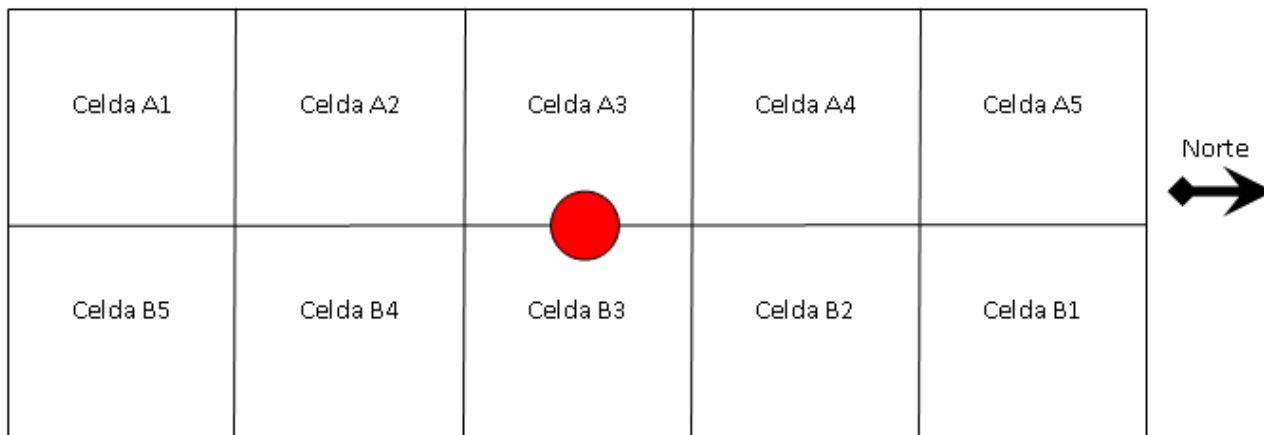
Para realizar los muestreos dentro de cada uno de los cacaotales seleccionados, se trazó un cuadro (parcela de muestreo) de 50 \* 20 m (1,000 m<sup>2</sup>) en el centro del cacaotal, con el objetivo de disminuir el error de muestreo por los efectos de borde. El centro de la parcela de muestreo fue geo-posicionado, y por este paso la recta de 50 m que correspondió a la línea larga de división central de la parcela de muestreo. Esta recta fue orientada de acuerdo a la forma de cada cacaotal, siguiendo siempre la dirección de la distancia más larga que se presentaba en el cacaotal.



Fuente: Protocolo investigaciones CATIE

Figura 17. Diseño de la ubicación de la parcela de muestreo dentro del cacaotal seleccionado

Luego la parcela de muestreo fue dividida en 10 sub-parcelas o celdas de 10 \* 10 m (100 m<sup>2</sup>), donde se tomaron las muestras y mediciones de árboles de sombra y cacao.



Fuente: Protocolo investigaciones CATIE

Figura 18. División de la parcela de muestreo en 10 celdas identificadas con códigos

### B. Muestreo de suelos

Para este proceso se utilizó un cilindro cuyas dimensiones fueron 10 cm de altura y 5.4 cm de diámetro (volumen 229.02 cm<sup>3</sup>). Se tomaron dos sub-muestras por cada sub-parcela (a 10 y 20 cm de profundidad), estas sub-muestras fueron colocadas en diferentes bolsas de plástico identificadas y selladas, con el número de celda y profundidad en que se tomó la muestra (ejemplo A2 de 0-10 cm y A2 de 10-20 cm). Por cada parcela de muestreo fueron tomadas 10 sub-muestras (5 sub-muestras a profundidad de 0-10 cm y 5 sub-muestras a profundidad de 10-20 cm), luego fueron pesadas y secadas en condiciones ambientales, posteriormente se homogenizó y extrajo la muestra representativa de cada parcela de muestreo (muestra de 0-20 cm de profundidad), obteniendo un total de 39 muestras de suelo (36 muestras de cacaotales y 3 muestras de bosques naturales), que luego fueron analizadas en el laboratorio de la sede del CATIE en Costa Rica. (Ver Cuadro 10A)

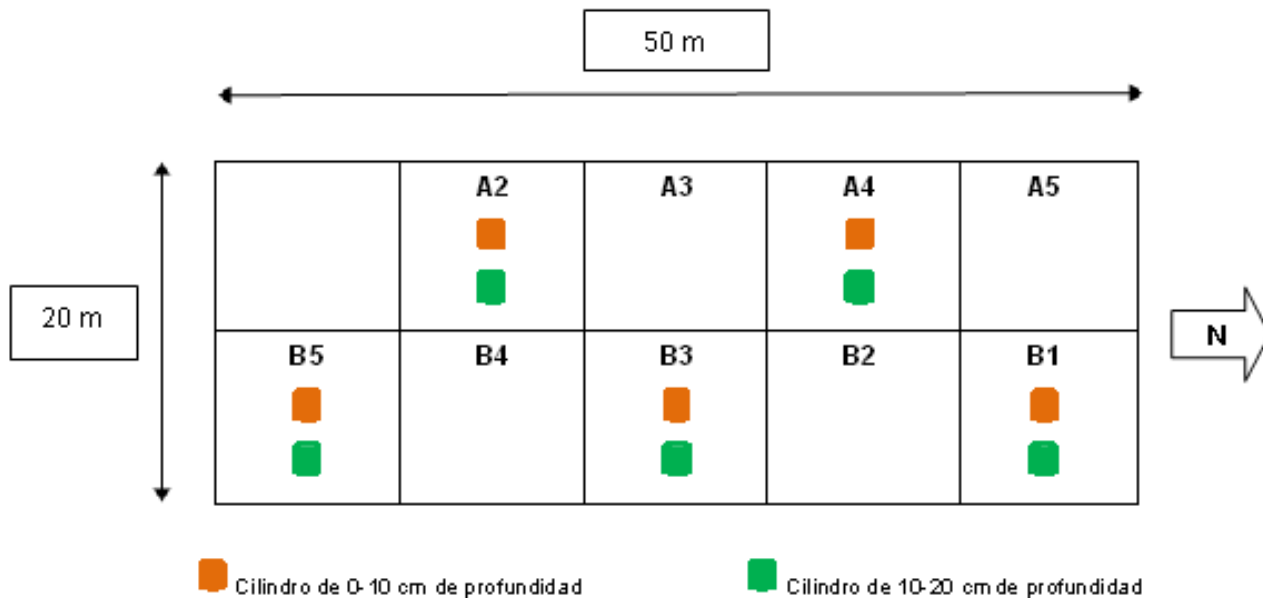


Figura 19. Toma de las sub-muestras de suelos en las parcelas de muestreo

### C. Muestreo de hojarasca

Hojarasca: Hojas secas y ramas secas con diámetro igual o menor a 1 cm.

En cada una de las sub-parcelas, se seleccionó un sitio dentro de cada celda, en esos sitios se colocó un marco de 50 \* 50 cm (0.25 m<sup>2</sup>) y se recolectó toda la hojarasca. En total, se obtuvieron 10 sub-muestras de hojarasca por parcela de muestreo, las cuales fueron pesadas en campo (Ver Cuadro 11A) obteniendo el peso húmedo, luego se mezclaron todas las sub-muestras (homogenizado) y se obtuvo una muestra compuesta de 400 g de hojarasca, la cual fue secada a temperatura ambiente y luego fue enviada al laboratorio para determinar el peso seco a 65°C.

El peso seco de la muestra compuesta sirvió para determinar el peso seco del total de la hojarasca recolectada en la parcela utilizando la siguiente fórmula:

- C.H.=  $[P_{hs} - P_{ss} / P_{hs}] * 100$  en donde:

C.H. = Contenido de Humedad

Phs = Peso húmedo de la submuestra

Pss = Peso seco de la submuestra

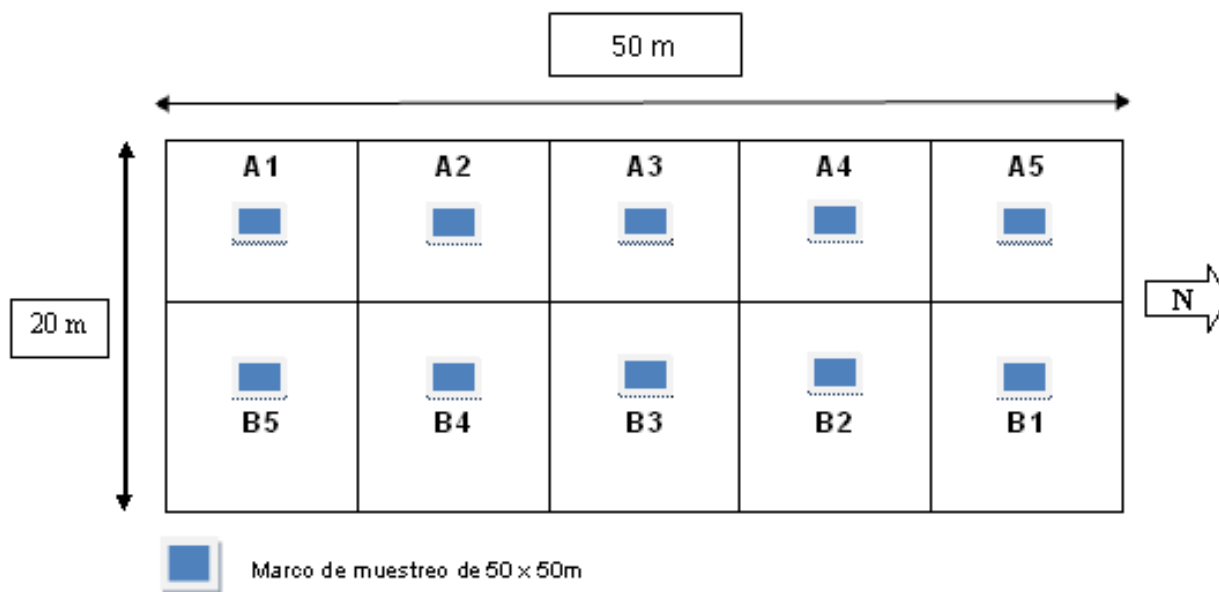


Figura 20. Ubicación de la toma de las sub-muestras de hojarasca en las parcelas de muestreo

#### D. Muestreo de necromasa

Necromasa: Ramas, frutos o otras partes de los árboles que estén secos o en proceso de pudrición, con un diámetro mayor a 1 cm.

Se recolectó toda la necromasa de cada sub-parcela (10 x 10 metros de cada sub parcela) y se pesó en campo (Ver Cuadro 12A) obteniendo así el peso húmedo. Luego se mezcló toda la necromasa (homogenizado) y se tomó una muestra representativa, se secó a temperatura ambiente y se llevó al laboratorio en donde se determinó el peso seco, el contenido de carbono y se extrapólo con la muestra total. En los casos donde se encontró necromasa de troncos muy grandes que no se pudieron pesar en campo entonces se procedió a medirlos para estimar el volumen y se tomó una muestra con el cilindro de volumen conocido y así se determinó la cantidad de materia seca que estos poseían, y

luego se analizaron estas muestras en el laboratorio para obtener la cantidad de carbono que poseían.

## E. Muestreo de biomasa

### a. Biomasa abajo del suelo

Muestreo de Raíces Finas, para este muestreo se utilizó el mismo cilindro utilizado para la extracción de las sub-muestras de suelo, extrayendo a una profundidad de 0-20 cm de suelo, tomando cinco puntos de sub-muestras en el centro del la parcela de muestreo (sobre la línea divisoria de los 20 m de ancho), luego cada sub-muestra era identificada y sellada, luego se realizó el lavado del suelo y la extracción de las raíces, posteriormente las sub-muestras eran homogenizadas, pesadas (Ver Cuadro 13A) y secadas, para realizar la extracción de la muestra representativa por cada parcela de estudio, obteniendo un total de 39 muestras de raíces finas que fueron enviadas a laboratorios de la sede del CATIE en Costa Rica para su análisis.

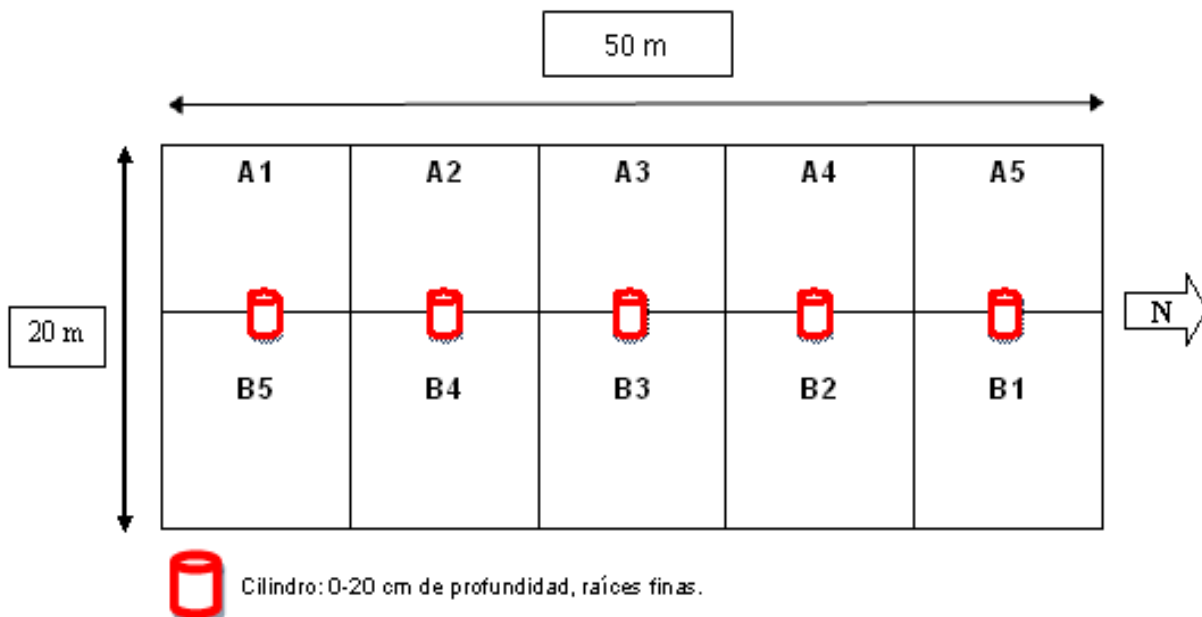


Figura 21. Diseño de toma de las sub-muestras de raíces finas en las parcelas de muestreo



b. Biomasa arriba del suelo

Medición de altura y circunferencia de árboles de sombra y cacao, la circunferencia de los árboles de sombra fue medido con la corteza, a la altura al pecho (1.3 m) (Ver Figura 29A), y los arboles de cacao a una altura de 0.30 m del suelo, la medición fue realizada con una cinta métrica, luego fue tomada la altura de cada árbol de sombra y cacao, la altura de los árboles de sombra fue medida por medio de un clinómetro y una cinta diamétrica (obteniendo ángulos y distancia), y la altura del los árboles de cacao fue medida directamente utilizando una cinta diamétrica y una barra larga, estas mediciones fueron realizadas en cada una de las 10 celdas de las 39 sub-parcelas de la red de estudio (Ver Cuadro 14A).

Para determinar la altura de cada árbol se utilizó la siguiente fórmula:

- $H = \text{Tang.}(X) * D$

**Donde:**

**H** = Altura (m)

**Tang. (X)** = Tangente del ángulo en grados

**D** = Distancia (m) o separación dentro de la persona que toma la medida y el árbol medido.

i. Método indirecto para determinar la biomasa aérea

Luego de que se obtuvieron las medidas de circunferencia y altura de los árboles de sombra y cacao que se encontraban en las parcelas de muestreo de la red experimental de estudio, se procedió a determinar el diámetro por medio de la medición obtenida en la circunferencia ( $\text{Circunferencia}/\text{Pi} = \text{Diámetro}$ ) y cuando se presentaba el caso donde existían dos o más tallos por árbol medido el diámetro real era determinado por medio de la fórmula de Diámetro Cuadrático Medio ( $\text{DCM} = \sqrt{(D1)^2+(D2)^2+(D3)^2\dots\dots+(D\infty)^2}$ ).

Cuando se obtuvo el diámetro de todos los árboles de cada parcela de muestreo, se procedió a estimar la biomasa aérea por especie, utilizando el método indirecto el cual consta en la utilización de una serie de ecuaciones alométricas, las cuales se basan en las dimensiones básicas de un árbol (dap y altura) y que fueron elaboradas en función del tipo de vegetación y especie de estudio.

El valor total de la biomasa obtenida en kilogramos por parcela se dividió dentro de 1,000 kilogramos para obtener la cantidad en toneladas.

El total de toneladas de biomasa aérea por parcela, se multiplicó por 0.5 para obtener la cantidad de carbono por parcela (el factor 0.5 utilizado para obtener carbono se debe a que en promedio la materia vegetal contiene un 50% de carbono, una vez se ha removido el agua (MacDicken, 1997)).

Para estimar la cantidad de carbono por metro cuadrado, se utilizó el total de carbono estimado por parcela, dividido dentro de los 1,000 metros cuadrados que posee cada parcela, posteriormente, la cantidad de carbono por metro cuadrado se multiplicó por 10,000 m<sup>2</sup> para obtener la cantidad de carbono por hectárea.

La cantidad de carbono estimada por cada parcela de muestreo (1,000 m<sup>2</sup>) fue necesaria para obtener las tC/m<sup>2</sup>. Luego las tC/m<sup>2</sup> se multiplicaron por 10,000 m<sup>2</sup>/ha obteniendo de esta manera el resultado final de tC/ha de árboles de sombra y cacao.

## 2.4.2 Fase de laboratorio

### A. Muestras de suelo

#### a. Análisis físico

En este análisis se estimó la densidad aparente de cada una de las sub-muestras de suelo tomadas por cada parcela de muestreo (10 sub-muestras/parcela de muestreo), cada sub-muestra fue homogenizada durante 2 minutos, luego se extrajo una alícuota de 40 gr/sub-muestra, las alícuotas (390) fueron secadas al horno durante 48 horas a 105°C y pesadas nuevamente, a partir del peso seco de cada una de las alícuotas se determinó la humedad del suelo/sub-muestra, la humedad que presentó cada una de las sub-muestras se utilizó para extrapolar el peso total de la sub-muestra, esto para realizar el cálculo total de la densidad aparente promedio por parcela de muestreo.

#### b. Preparación de la muestra representativa de suelo

Para realizar el análisis químico del suelo, fue necesaria la preparación de una muestra representativa por parcela de muestreo (39 muestras representativas en total), realizando una serie de pasos que a continuación se presentan (Ver Figura 30A):

- i. Tamizado: Se tomaron las 10 sub-muestras de suelo por parcela de muestreo (5 sub-muestras de profundidad de 0-10 cm y 5 sub-muestras de profundidad de 10-20 cm) e individualmente se tamizaron (utilizando un tamiz de 2 mm y un mortero – éste para romper partículas grandes de suelo-).
- ii. Homogenizado: Posteriormente el suelo ya tamizado de cada una de las sub-muestras/parcela de muestreo, fue homogenizado e introducido en un recipiente plástico. El suelo total de la parcela de muestreo introducido en el recipiente fue mezclado durante 1 minuto hasta que se obtuvo una adecuada homogenización.
- iii. Identificación de la muestra representativa: Del total del suelo por parcela de muestreo, ya tamizado y homogenizado, se tomó una muestra representativa de 500 gr (el material tamizado y homogenizado/parcela de muestreo restante fue

almacenado con la finalidad de conservarlo), la cual posteriormente fue rotulada de la siguiente manera:

Código de la parcela: _____
Fecha de muestreo: _____
Lugar de muestreo: _____
Nombre del técnico: _____
Proyecto Cacao Centroamérica (CATIE)

## B. Muestras de hojarasca

### a. Preparación de las muestras para el envío al laboratorio

Para realizar el análisis químico de las muestras en el laboratorio, fue necesario secar las muestras en condiciones ambientales durante un mes (26°C temperatura media anual presente en el área de estudio).

Luego del proceso de secado al ambiente, se procedió a preparar la muestra representativa /parcela de muestreo, donde:

- i. Muestra representativa de hojarasca: 250 gramos.
- ii. Muestra representativa de raíces finas: 30 gramos.
- iii. Muestra representativa de necromasa: El total de material que se obtuvo de la extracción de la muestra tomada con el cilindro, de los troncos y árboles caídos o en procesos de descomposición.

Posteriormente la cantidad de material que constituía la muestra representativa fue introducida en bolsas de nylon, creando de esta forma un ambiente hermético a la muestra, con el objetivo de evitar que la humedad pérdida durante el proceso de secado al ambiente se vuelva a recuperar.

En el laboratorio las muestras fueron secadas al horno durante 48 horas a una temperatura de 65°C, con lo cual se determinó la humedad total de cada una de las muestras representativas/parcela de muestreo.

Para obtener el valor de la biomasa de las muestras, se determinó el valor del contenido de humedad de la siguiente manera:

- $C.H = ( P_hs - P_{ss} ) / P_hs$ , donde:

C.H = Contenido de humedad.

$P_hs$  = Peso húmedo del suelo.

$P_{ss}$  = Peso seco del suelo.

Con el valor del contenido de humedad se procedió a calcular la proporción del peso húmedo, que correspondía a la biomasa de las muestras:

- $Y = P_{ht} - ( P_{ht} * CH )$ , donde:

Y = Biomasa en gramos.

$P_{ht}$  = Peso húmedo total en gramos.

CH = Contenido de humedad.

Los valores obtenidos se dividieron dentro de 1,000,000 para obtener toneladas. Este valor en toneladas se multiplicó por el contenido de carbono (%) de cada una de las muestras, lo que dio como resultado toneladas de carbono fijado. Las toneladas de

carbono se dividieron dentro del total de metros muestreados ( $1000 \text{ m}^2$ ). Esta operación dio  $\text{tC}/\text{m}^2$  y luego al multiplicarlo por  $10,000 \text{ m}^2$  se obtuvo como resultado final  $\text{tC}/\text{ha}$ .

### C. Análisis de laboratorio aplicado a las muestras

- a. Método utilizado para determinar la cantidad de Carbono de las muestras de suelo, hojarasca, raíces finas y necromasa en el laboratorio.

Para el análisis en el laboratorio de las muestras tomadas en las parcelas de muestreo del Sur de Guatemala, se utilizó el aparato denominado Auto-analizador Thermo-Finigan FlashEA 1112, el cual permite determinar simultáneamente Carbono y Nitrógeno en muestras de suelos, sedimentos y material vegetal.

Su funcionamiento se basa en una oxidación completa de la muestra dentro de un reactor de alta temperatura (aproximadamente a  $1800^\circ\text{C}$ ), transformando la muestra en una mezcla de gases. Los gases se separan a través de una columna cromatográfica la cual está conectada a un detector de Conductividad Térmica.

El rango de sensibilidad es de 100 ppm a 100%, para ambas determinaciones, carbono y nitrógeno. El tiempo de análisis de una muestra es de 465 segundos.

#### i. Características del auto-analizador Thermo-Finigan FlashEA 1112:

- El equipo es automático operándose por medio Software Eager 300.
- Kit de reactivos de relleno para las columnas de oxidación y reducción.
- Desecante.
- Cápsula de estaño para contener la muestra.

Luego el contenido de carbono en los suelos ( $\text{tC}/\text{ha}$ ), fue calculado a partir de los valores generados por el Auto-analizador (% de carbono/muestra), densidad aparente del suelo ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) y la profundidad de muestreo (20 cm).

Carbono en el suelo (tC/ha) = CC \* Da \* P, donde:

- P = Profundidad de muestreo (cm)
- CC = Contenido de Carbono (%)
- Da = Densidad aparente (gr/cm<sup>3</sup>)

#### 2.4.3 Fase de gabinete

##### A. Análisis estadístico

A los resultados obtenidos del análisis de laboratorio (cantidad de Carbono) a las muestras de suelo, hojarasca, necromasa y raíces finas, y al contenido de carbono de la biomasa aérea y biomasa abajo del suelo (raíces gruesas), se les aplicó un análisis múltiple-variado (conglomerados, componentes principales y discriminante canónico) con la ayuda del programa estadístico INFOSTAT.

También se aplicó un análisis múltiple-variado de la varianza y prueba de significancia DUNCAN con el objetivo de detectar diferencias significativas dentro los sistemas agroforestales de cacao y los conglomerados que se formaron con el análisis múltiple-variado.

Con todos estos análisis se pudo identificar la influencia de diferentes condiciones de paisaje como la altura, topografía, usos de suelo colindantes, composición botánica y otros factores sobre el contenido de carbono.

## 2.5 Resultados y Discusión

El Carbono almacenado en cada componente de estudio (biomasa aérea, suelo, raíces finas, raíces gruesas, hojarasca y necromasa >10cm) y la proporción del total que representan fueron muy diferentes.

Los componentes de los SAF de cacao que almacenan la mayor cantidad de carbono fueron el suelo (64.15 ton/ha) y la biomasa aérea (72.02 ton/ha), que corresponde al 41% y 46% respectivamente del carbono total almacenado.

El aporte de las raíces gruesas fue importante, ya que esta superó el 5% del total. Las raíces finas, la necromasa >10cm y la hojarasca fueron las que menos cantidad de carbono aportaron pues en conjunto almacenaron menos del 4% del total (Ver Cuadro 3)

Cuadro 3. Almacenamiento de Carbono ( $\text{tonCha}^{-1}$ ) de 36 sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el Sur de Guatemala

Componente	Media	D.E.	C.V.	Mediana	Valor Máximo	Valor Mínimo	Componente (%)
Suelo	64.15	13.45	20.97	62.97	94.86	45.37	41.36
Raíces finas	1.63	0.83	50.71	1.5	4.67	0.61	1.05
Raíces gruesas	13.69	8.18	59.74	12.13	32.24	0.83	8.83
Necromasa >10cm	0.04	0.21	498.45	0	1.24	0	0.03
Hojarasca	3.58	1.82	50.75	3.31	11.02	1.07	2.31
Biomasa aérea	72.02	47.59	66.08	61.17	184.96	2.96	46.43
<b>Carbono total</b>	<b>155.11</b>	<b>59.29</b>	<b>38.22</b>	<b>146.72</b>	<b>275.59</b>	<b>57.83</b>	<b>100</b>

Los SAF de cacao de Suchitepéquez y Retalhuleu del Sur de Guatemala, almacenan en promedio  $155.11\text{tonCha}^{-1}$ . Los componentes que presentaron mayor variación en los datos fueron la necromasa >10cm y biomasa aérea, lo cual explica que existen SAF de cacao que pueden almacenar cerca de  $280\text{tonCha}^{-1}$  y otros con poco carbono alrededor de  $58\text{tonCha}^{-1}$  (Ver Cuadro 3).



De acuerdo con Andrade y Somarriba (2005), se considera que entre 80 y 120 tonCha<sup>-1</sup>, la capacidad de almacenar carbono por el sistema es media, y por encima de 120 tonCha<sup>-1</sup>, la capacidad es alta. En este estudio la mediana demuestra que la mitad de los SAF de cacao del estudio almacenan más de 146 tonCha<sup>-1</sup>, con lo que se puede constatar que los SAF de cacao de Suchitepéquez y Retalhuleu del Sur-Occidente de Guatemala, poseen una capacidad de almacenamiento de carbono alta (Ver Cuadro 3).

En estudios realizados en la zona de Talamanca, Costa Rica existe diferencia entre el carbono total almacenado de los SAF de cacao que se encuentran ubicados en valles y en lomas. Segura (2005), indicó que cacaotales ubicados en las lomas almacenan en promedio 132.8 tonCha<sup>-1</sup> y en valle 112.5 tonCha<sup>-1</sup>. Por otro lado Ortiz *ét al* (2006), reportaron un almacenamiento promedio de 126.4 tonCha<sup>-1</sup> en valles y 114.5 tonCha<sup>-1</sup> en lomas.

En la presente investigación, según los datos obtenidos de acuerdo a la estimación de la cantidad de carbono almacenado, se muestra que en la zona del Sur de Guatemala, existe una mayor tendencia a almacenar mayores cantidades de carbono ha<sup>-1</sup> en los SAF de cacao que se encuentran ubicados en los valles con terrenos generalmente planos o con poca pendiente (<5%), sin embargo, hay que destacar que el carbono total almacenado se encuentra influenciado directamente de la biomasa aérea.

De los resultados obtenidos del trabajo de campo (análisis de paisaje, sitio y composición botánica) y de los resultados del laboratorio del análisis de las muestras (suelo, raíces finas, hojarasca y necromasa >10 cm), se realizó un primer análisis múlti-variado (conglomerados) para determinar la relación que existe entre las diferentes variables o características observadas presentes en las parcelas de muestreo de los Sistemas Agroforestales de cacao seleccionados (Ver Cuadro 15A). Las parcelas de muestreo que presentaron similitud con respecto a las variables de estudio, fueron aisladas dentro de grupos denominados conglomerados.

En los Sistemas Agroforestales de cacao del Sur de Guatemala, se formaron tres conglomerados (Figura 22), en función a la similitud de las variables o características observadas. El conglomerado No. 3 fue el que aisló la mayor cantidad de parcelas de muestreo (n=20), seguido por el conglomerado No.1 (n=11) y siendo el conglomerado No.2 el que posee la menor cantidad SAF de cacao con características similares (n=5).

Dentro del conglomerado No.1 se aislaron las parcelas de muestreo G01, G02, G03, G05, G06, G07, G09, G33, G34, G35 y G36 (Ver Cuadro 15A).

Dentro del conglomerado No. 2 se encuentran las parcelas de muestreo G14, G15, G18, G19 y G20.

Y por ultimo dentro del conglomerado No.3 se encuentran las parcelas de muestreo G04, G08, G10, G11, G12, G13, G16, G17, G21, G22, G23, G24, G25, G26, G27, G28, G29, G30, G31 y G32. Como se muestra en la siguiente figura.

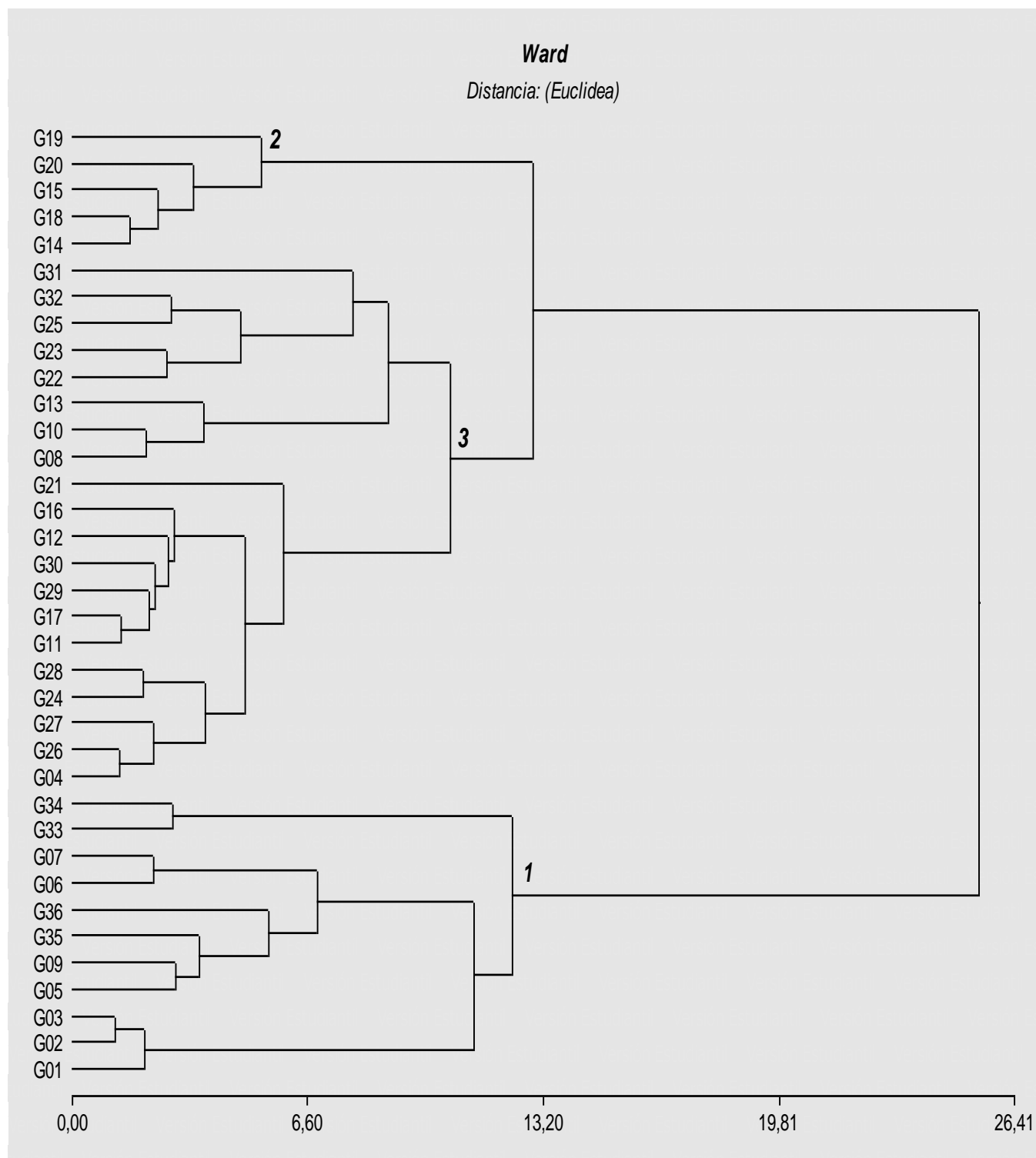


Figura 22. Dendrograma de los conglomerados formados con 36 sistemas agroforestales de cacao con base en variables de paisaje, sitio, composición botánica y carbono almacenado

Las variables de paisaje y sitio fueron similares dentro de los conglomerados No. 2 y No. 3, y estos a su vez fueron muy contrastantes con respecto al conglomerado No.1, como se muestra en la siguiente grafica.

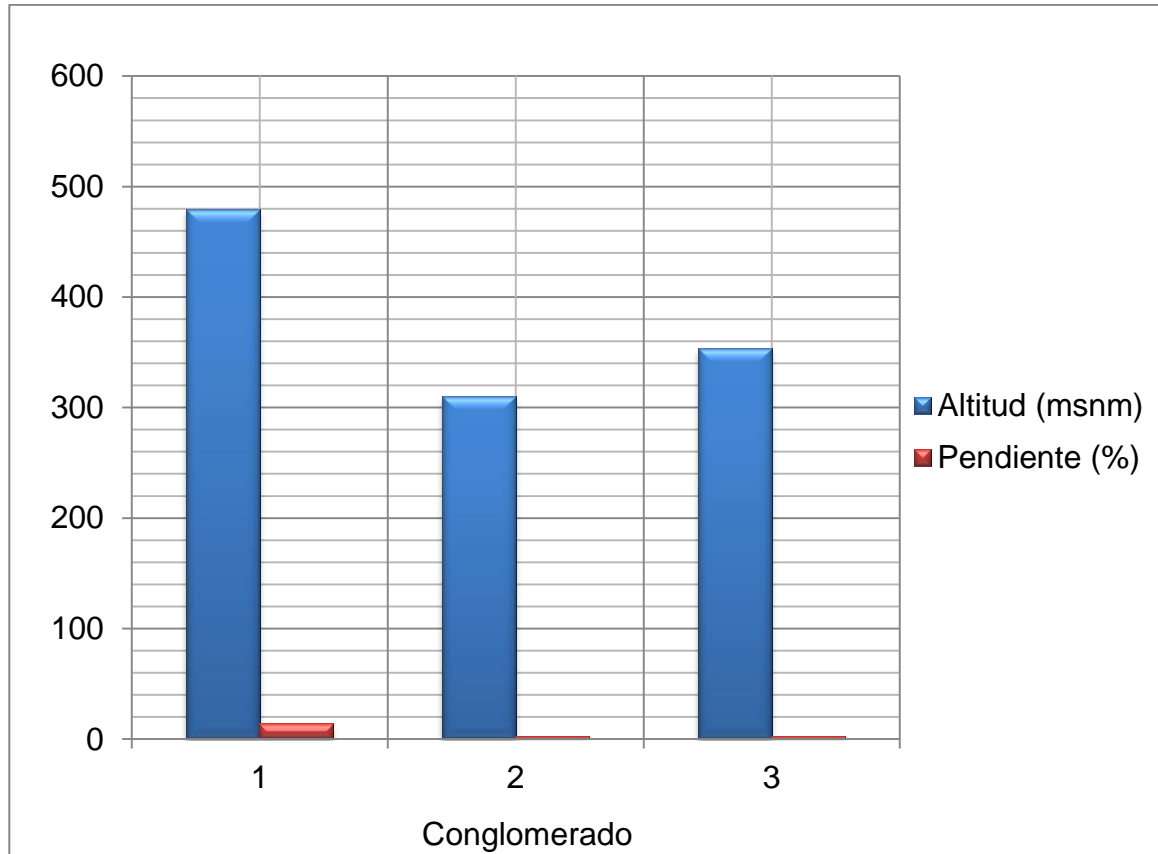


Figura 23. Variables de paisaje y sitio de cada uno de los tres conglomerados que forman la red de muestreo

El conglomerado No. 1 fue el que agrupó a los SAF de cacao que se encuentran en la parte alta de las laderas, con terrenos de pendientes pronunciadas (>12%), con el menor porcentaje de limo en los suelos y con la menor abundancia de árboles de cacao y la mayor abundancia de musáceas. Este conglomerado posee la menor abundancia de cacao debido a que en el paisaje y sitio (470 msnm, 14° de pendiente, ladera alta y media, relieve ondulado) en el que se encuentran ubicados los SAF de cacao que lo componen, están en un proceso de transición para la producción del cultivo de café, debido a que en

la parcela de muestreo se observaron densidades de cacao promedio de 200 arboles/hectárea, lo cual corresponde a un distanciamiento de 8 \* 8 metros utilizados como sombra para el cultivo de café, también se logró observar que la plantación primaria de cacao se encontraba a un distanciamiento de 4 \* 4 metros (ya que se lograba visualizar los troncos de los árboles de cacao que habían sido eliminados). Los árboles maderables y frutales presentes en estos SAF de cacao aun se conservan como árboles de sombra para este cultivo, con densidades de 120 plantas/hectárea (distanciamiento promedio de 12 \* 12 metros). Según los productores de las zonas de producción que enmarcan al conglomerado No. 1, la transición que se está llevando a cabo para convertir los SAF de cacao a SAF de café, es debido a que la producción de cacao del área es baja (3qq/ha/año) y el costo de producción es alto, ya que los cambios en los patrones del clima hacen que enfermedades como la *Phytophthora palmivora* (mazorca negra) sean difíciles e imposibles de evitar, y el precio al cual se cotiza el cacao en la zona es bajo (Q. 800.00 a Q. 1,300.00 por quintal).

El conglomerado No. 2 agrupó a los SAF de cacao que están ubicados en la menor altitud de estudio 310 msnm, ubicados en la parte baja de las laderas (valles), con pendientes nulas o generalmente planas (<5%), y con la mayor abundancia de árboles de cacao, palmáceas, frutales, maderables y con la menor abundancia de musáceas.

En el conglomerado No. 3 se aislaron los SAF de cacao que se encuentran a una altitud promedio de 350 msnm (altura media sobre el nivel del mar para la producción de cacao), ubicados en la parte baja de las laderas (valles), con pendientes nulas o planas (similar al conglomerado No. 2) y que poseen el menor porcentaje de arcilla en los suelos.

Cuadro 4. Medias de las características de sitio y composición botánica de tres conglomerados formados con 36 sistemas agroforestales de cacao

<b>Característica</b>	<b>Conglomerado 1 (n=11)</b>	<b>Conglomerado 2 (n=5)</b>	<b>Conglomerado 3 (n=20)</b>
Altitud	479.18	309.8	353.55
Pendiente	13.91	2.3	2.61
Área Cacao	1.49	0.49	1.15
Densidad Aparente	0.85	0.68	0.73
Arena%	60.27	55.3	56.09
Limo%	24.55	32.14	31.88
Arcilla%	15.17	12.56	12.04
Riqueza de especies	6.64	11.2	8.55
Abundancia Musáceas ha <sup>-1</sup>	51.82	10	14.5
Abundancia Cacao ha <sup>-1</sup>	175.45	420	372
Abundancia Palmáceas ha <sup>-1</sup>	11.82	72	13
Abundancia Frutales ha <sup>-1</sup>	103.64	286	114
Abundancia Maderables ha <sup>-1</sup>	7.27	54	26
Abundancia total ha <sup>-1</sup>	350	842	539.5

El biplot de componentes principales, con dos componentes, logró explicar el 100% de la variabilidad de los datos y a la vez permitió visualizar el tipo de correlación entre variables que conforman cada uno de los conglomerados.

El carbono total presentó correlación estrecha y positiva con el carbono en la biomasa aérea, raíces gruesas, hojarasca y necromasa >10cm, apreciándose que de las especies leñosas la abundancia de cacao es la principal causa en tal resultado por su correlación positiva con las variables anteriores (conglomerado 3).

El conglomerado 2, tuvo como principales componentes a la cantidad de Carbono en el suelo y raíces finas, a la riqueza de especies y abundancia total (abundancia de maderables, frutales y palmáceas).

El conglomerado 1 por su parte no presentó como característica principal a los componentes de Carbono, tuvo más cercanía con los siguientes componentes de estudio: Área de cacao, la abundancia de musáceas, densidad aparente de los suelos, la altitud y pendiente de la ubicación de las parcelas (Figura 24).

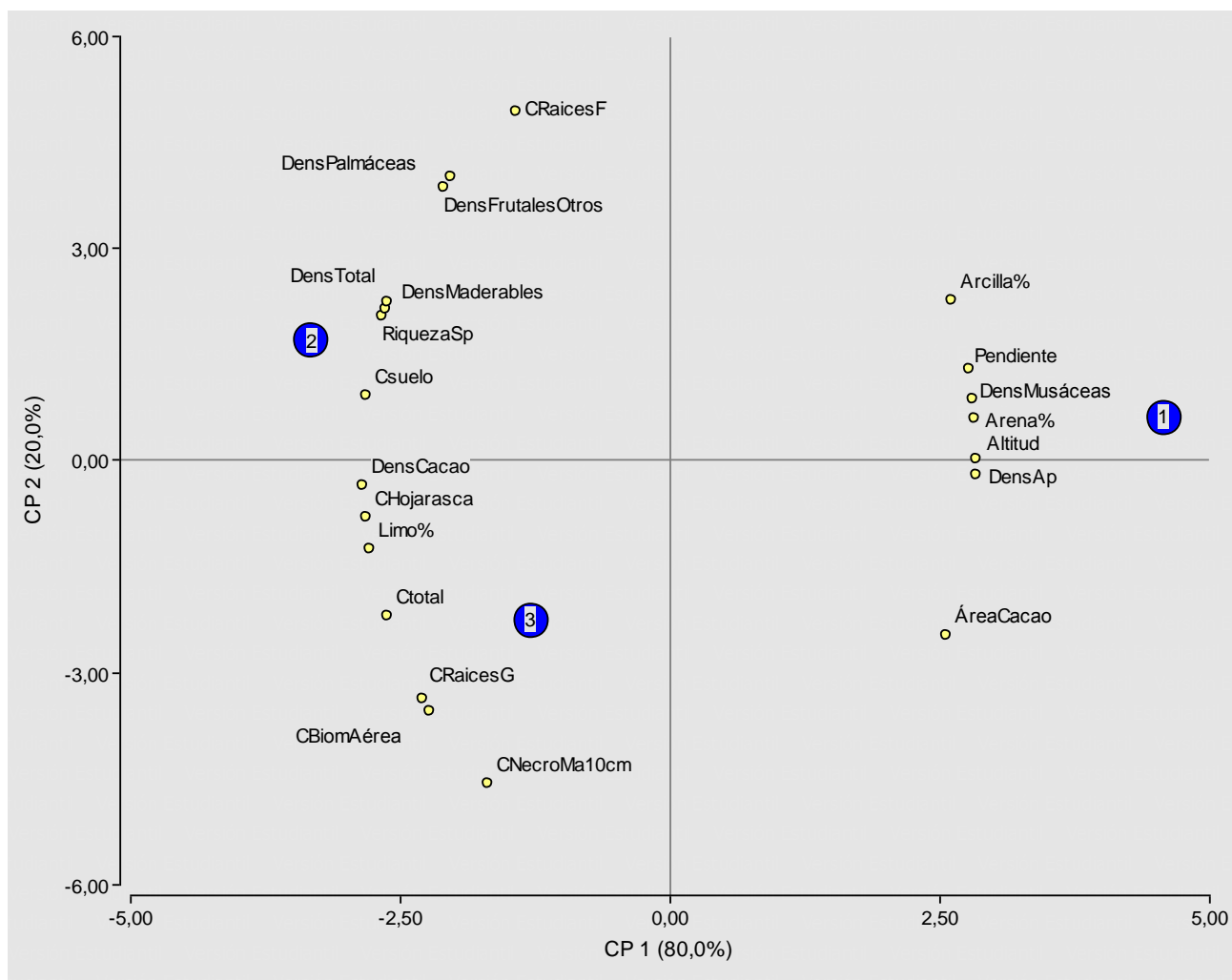


Figura 24. Biplot de componentes principales con todas las variables del estudio y tres conglomerados formados con 36 sistemas agroforestales de cacao

La estimación de la biomasa aérea de los sistemas agroforestales de cacao, se realizó mediante modelos alométricos (método indirecto para la estimación de carbono de árboles maderables y frutales), las cuales se basan en las dimensiones básicas de un

árbol (dap y altura) y que fueron elaboradas en función del tipo de vegetación y especie de estudio. Entre las especies maderables y frutales identificadas dentro de los SAF de cacao del Sur de Guatemala se encuentran las siguientes: Aguacate (*Persea Americana*), cacho de venado (*Eugenia cervina*), canoj (*Nectandra spp*), capulín (*Ilex discolor*), caspirol (*Inga fagifolia*), cedro (*Cedrela odorata*), cercillo, chalum (*Inga spuria*), chico zapote (*Diospyros johnsetoniana*), chonte (*Zanthoxylum preserum*), coco (*Cocus nucifera*), cola de iguana (*Bytheria aculeata*), colipau, coshte (*Colubrina arborensis*), cushín (*Inga spp.*), guachipilín (*Diphysa rubinioides*), guarumo (*Cecropia obtusifolia*), hormigo (*Platymiscium dimorphandrum*), huele de noche (*Cestrum panamensis*), laurel (*Cordia alliodora*), llora sangre (*Swartzia cubensis*), madre cacao (*Gliricidia sepium*), mandarina (*Citrus reticulata*), mango (*Mangifera indica*), matapalo (*Orepanax guatemalense*), nance (*Byrsonima crassifolia*), naranja (*Citrus sinensis*), nona, palo amarillo (*Maclura tinctoria*), palo blanco (*Tabebuia donell-smithii*), palo clavera, palo chiche, palo de chicle, palo de corcho, palo de hule (*Hevea brasiliensis*), palo jiote (*Bursera simarouba*), palo job, patashte (*Theobroma bicolor*), paterna (*Inga paterna*), plumillo (*Shizolobium parahubium*), shinculla, tapalquit (*Pterocarpus spp.*), tepeaguacate (*Nectandra sinuata*), tinajillo (*Genipa americana*), Ujuxte (*Brosimum alicastrum*), volador (*Terminalia oblonga*), zapote (*Pouteria sapota*) y zapotón.

Las fórmulas alométricas utilizadas para la estimación de la biomasa aérea por especie, se describe a continuación en el siguiente cuadro:



Cuadro 5. Formulas alometricas utilizadas por especie, identificada dentro de los 36 sistemas agroforestales de cacao muestreados en el Sur de Guatemala

Ecuación Alométrica	Nombre común de la especie	Nombre científico de la especie
$\text{Log Bt} = (-1.11 + 2.64 * \text{dap} * \text{Log}(\text{dap}))$ -(FUENTE: Andrade <i>et al</i> , 2009)-	Aguacate Capulín Mandarina Mango Naranja Zapote	<i>Persea americana</i> <i>Ilex discolor</i> <i>Citrus reticulata</i> <i>Mangifera indica</i> <i>Citrus sinensis</i> <i>Pouteria sapota</i>
Biomasa aérea 1.5Kg/m de altura -(FUENTE: Tanaka y Yamaguchi, 1972)-	Banano Plátano	<i>Musa paradisiaca</i> <i>Musa spp.</i>
$\text{Log Bt} = (-1.684 + 2.158 * \text{Log}(\text{dap}_{30}) + 0.892 * \text{Log}(\text{alt}))$ -(FUENTE: Andrade <i>et al</i> , 2009)-	Cacao Madre cacao	<i>Theobroma cacao</i> L. <i>Gliricidia sepium</i> .
$10^{(0.67134058 + 0.40531445 * 0.00072208395 * (\text{EXP}(\text{altura} / -0.40531445))}$ (FUENTE: Winck, 1998)-	Café	<i>Coffea arabica</i>
$\text{Bt} = (21.3 - 6.95 * (\text{dap}) + 0.74 * (\text{dap}^2))$ -(FUENTE: Brown e Iverson, 1992)-	Canoj Chico sapote Chonte	<i>Nectandra spp.</i> <i>Diospyros johnsetoniana</i> <i>Zanthoxylum preserum</i>

$Bt = (21.3 - 6.95 * (dap) + 0.74 * (dap^2)) \quad \text{-(FUENTE: Brown e Iverson, 1992)-}$	Cola de Iguana Coshte Cushin Guarumo Huele de noche Matapalo  Palo amarillo Palo blanco Palo de hule Tapalquit Patashte Paterna Tinajillo Ujuxte Volador	<i>Bytheria aculeata</i> <i>Colubrina arborensis</i> <i>Inga spp.</i> <i>Cecropia obtusifolia</i> <i>Cestrum panamensis</i> <i>Orepanax guatemalense</i>  <i>Maclura tinctoria</i> <i>Tabebuia donell-smithii</i> <i>Hevea brasiliensis</i> <i>Pterocarpus spp.</i> <i>Theobroma bicolor</i> <i>Inga paterna</i> <i>Genipa americana</i> <i>Brosimum alicastrum</i> <i>Terminalia oblonga</i>
$Bt = (7.7 * (altura) + 4.5^{0.003}) \quad \text{-(FUENTE: Frangi y Lugo. 1985)-}$	Coco	<i>Cocos nucifera.</i>
$\text{Log Bt} = (-0.94 + 1.32 * \text{Log}(dap) + 1.14 * \text{Log}(alt)) \quad \text{-(FUENTE: Segura, 2005)-}$	Laurel	<i>Cordia alliodora.</i>

Bt: biomasa total (Kg/árbol); Log: Logaritmo base 10; dap: diámetro a la altura del pecho; dap<sub>30</sub>: diámetro del tronco a 30 cm; alt: altura total (m); exp: exponencial; Ln: logaritmo natural; B: biomasa (ton ha<sup>-1</sup>); Fc: fracción carbono (ton ha<sup>-1</sup>).

Según el análisis de varianza y la prueba de Duncan (Ver Cuadro 7) realizado a los tres conglomerados identificados en los sistemas agroforestales de cacao del Sur de Guatemala, se describe a continuación la estimación de carbono por conglomerado, relacionado con la biomasa aérea y raíces gruesas: En este análisis se toma en cuenta la biomasa aérea y raíces gruesas debido a que la biomasa aérea tienen correlación directamente positiva con relación a la biomasa de las raíces gruesas (a mayor biomasa aérea, mayor biomasa en raíces gruesas).

Se observa en el Cuadro 7 que entre los tres conglomerados formados, existen diferencias estadísticamente significativas, siendo mayor el contenido de biomasa aérea y raíces gruesas en los conglomerados No. 2 y No. 3, esto debido a que en estos conglomerados se encontró una mayor abundancia por hectárea de especies leñosas con respecto al conglomerado No. 1, como se muestra en la siguiente figura.

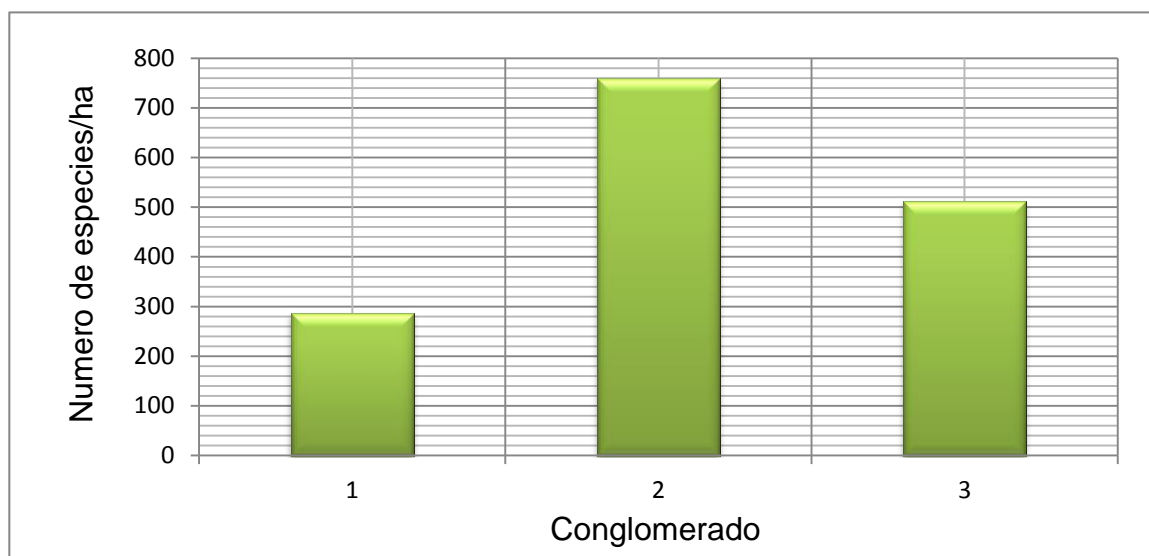


Figura 25. Abundancia de especies leñosas por hectárea en los tres conglomerados formados

Las especies leñosas tienen una gran capacidad de incorporar a sus tejidos el carbono capturado de la atmósfera (Nair *ét al*, 2009). Por ejemplo se puede observar que el conglomerado No. 2 posee mayor abundancia de especies leñosas, con respecto a los otros dos conglomerados restantes, pero captura menos cantidad de carbono (con

relación a la biomasa aérea y raíces gruesas) que el conglomerado No.3, como lo indica la siguiente figura.

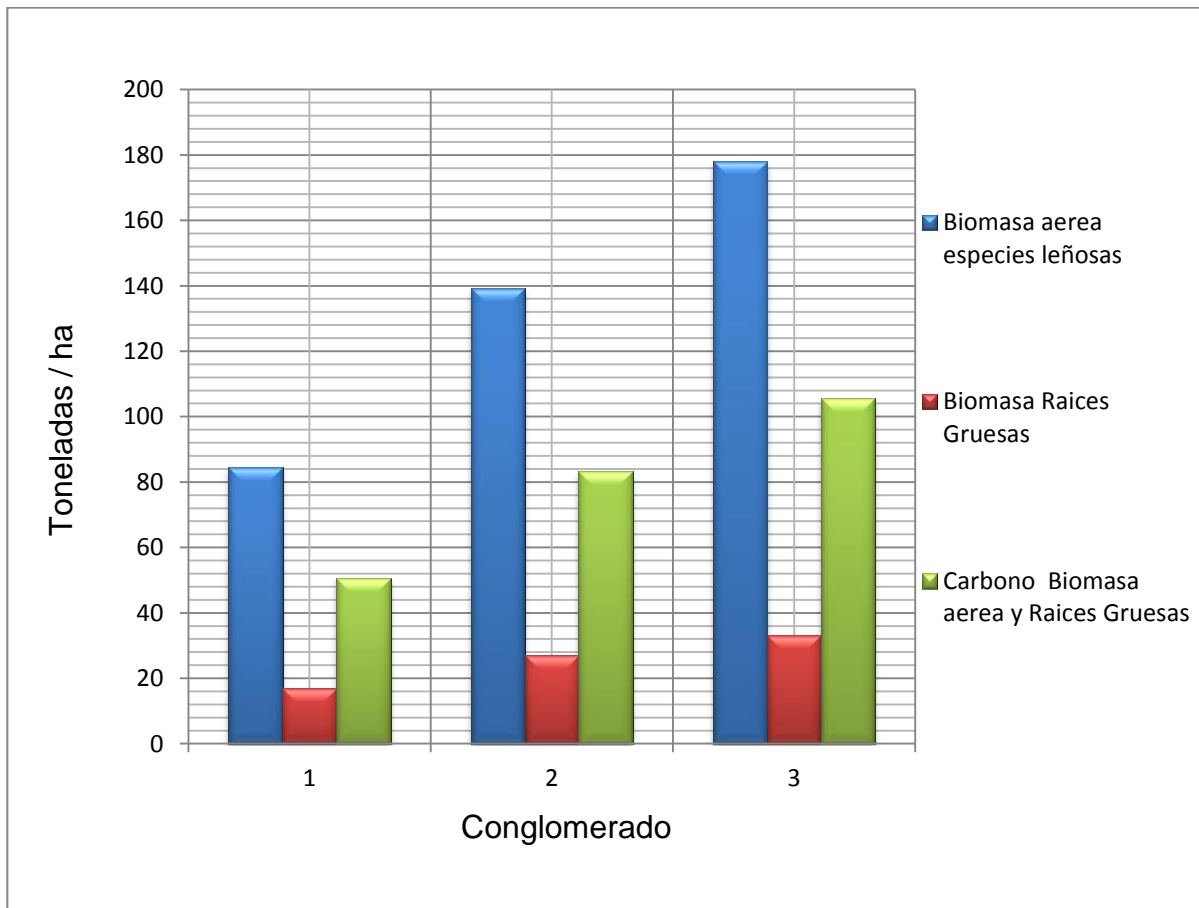


Figura 26. Cantidad de carbono en biomasa aérea y raíces gruesas de especies leñosas en los tres conglomerados formados

Esto es debido a que las parcelas que se encuentran agrupadas dentro del conglomerado No. 3 son las que presentan especies leñosas con un diámetro y altura mayor dentro de las parcelas muestreadas (Cuadro 6), siendo de esta forma que este conglomerado posee la mayor cantidad de carbono almacenado por biomasa aérea y raíces gruesas.

Cuadro 6. Promedio de diámetro y altura de los diferentes tipos de especies leñosas en los tres conglomerados formados

Tipo de especie leñosa	Conglomerado 1		Conglomerado 2		Conglomerado 3	
	Diámetro (cm)	Altura (m)	Diámetro (cm)	Altura (m)	Diámetro (cm)	Altura (m)
Arboles de Sombra	30.36	16.05	25.51	17.27	34.32	18.8
Arboles de Cacao	16.7	5.36	16.1	4.82	17.4	5.6

Con respecto al carbono en el suelo, se obtuvo que el conglomerado No. 2 fue el que presentó la mayor cantidad presente dentro de su estructura, lo cual puede atribuirse al alto contenido de materia orgánica (en promedio el 58% de la materia orgánica es carbono orgánico) que poseen los sistemas agroforestales que se encuentran aislados en este conglomerado (aproximadamente 11% de Materia Orgánica -estimación por el método Walkley y Black-), como se muestra en la Figura 25. También se encuentran en la menor altitud sobre el nivel del mar en estudio y poseen suelos con un primer horizonte grueso.

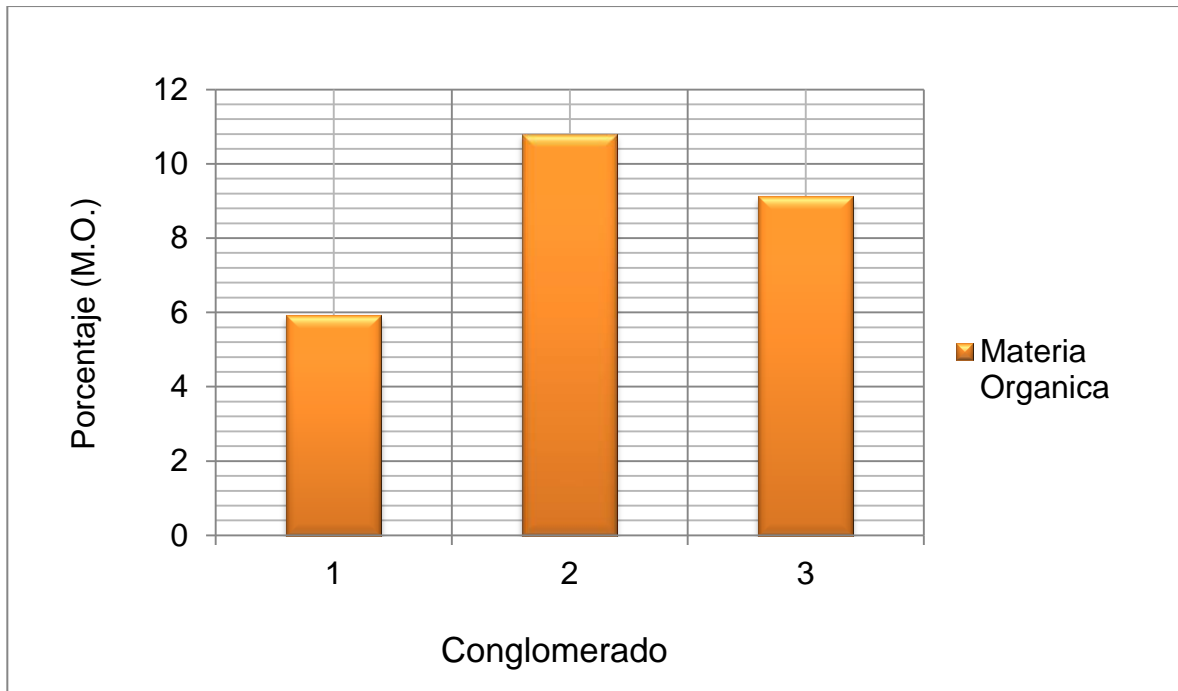


Figura 27. Cantidad de Materia Orgánica (%) de los conglomerados formados de los 36 sistemas agroforestales de cacao muestreados

De igual forma se determinó, que en los componentes restantes como lo son: Raíces finas, necromasa >10cm, y hojarasca, no existe diferencia significativa entre los conglomerados formados (estadísticamente iguales), de acuerdo al contenido de carbono que estos almacenan (Ver Figura 28).

Los componentes mencionados anteriormente fueron tomados como cobertura del suelo: Las raíces finas fueron aportadas principalmente por las plantas herbáceas ó rastreras presentes en las parcelas de muestreo, aportando un promedio de biomasa de 4.8 ton/ha para el conglomerado No.1, 6.49 ton/ha para el conglomerado No.2 y 4.55 ton/ha para el conglomerado No.3, con 33.99%, 32.63% y 33.29% respectivamente, como promedio de carbono en su estructura, lo cual nos muestra que en el conglomerado No.2 (el cual aporta la mayor biomasa de raíces finas), es el que aporta el menor porcentaje de carbono en su estructura lo cual hace que exista un balance en la cantidad de carbono almacenado en raíces finas con respecto a los conglomerados No. 1 y No. 3.

Con relación a la hojarasca, en las parcelas de muestreo se logró observar que ésta es el componente que en proporción ocupa la mayor cobertura del suelo de los sistemas agroforestales de cacao, con un 45.13% en el conglomerado No. 1, 73.66% en el conglomerado No.2 y 60.03% en el conglomerado No.3, dando como resultado una cantidad de biomasa de 9.6 ton/ha, 10.22 ton/ha y 10.3 ton/ha respectivamente. Como se observa, la cantidad de biomasa que aporta la hojarasca al estudio dentro de los tres conglomerados es muy similar, pero no así la proporción promedio en la que esta se encuentra dentro de las parcelas de muestreo, existiendo una menor proporción promedio en el conglomerado No.1, esto es debido a que las parcelas que se encuentran dentro de este conglomerado poseen una gradiente de pendiente pronunciada (>12%) y esto hace que la hojarasca sea removida y se formen montículos de la misma, ocultando de esta forma la proporción promedio real.

La necromasa >10cm, fue aportada principalmente por troncos de árboles eliminados, ya que ramas y tallos tirados son muy difíciles de observar dentro de los sistemas agroforestales del área de estudio, debido a que éstos son muy cotizados en el área, con el fin de utilizarlos como combustible para la preparación de alimentos.

Con respecto al contenido total de carbono almacenado en los sistemas agroforestales de cacao seleccionados para este estudio, se dice que sí existe diferencias estadísticamente significativas, debido al contenido de carbono en la biomasa aérea (características de las especies leñosas agrupadas en las parcelas que conforman el conglomerado No. 3) y al contenido de carbono en el suelo (cantidad de materia orgánica presente los suelos de las parcelas de muestreo que enmarcan el conglomerado No. 2).

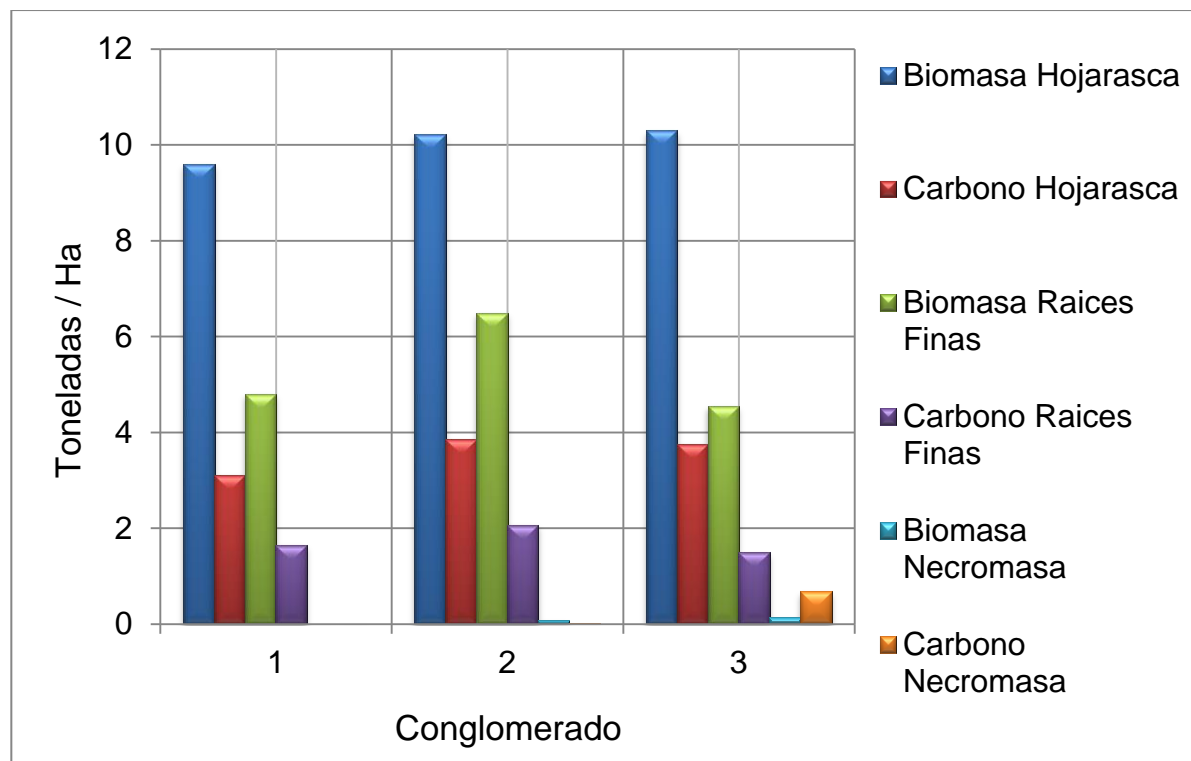


Figura 28. Cantidad de biomasa y carbono almacenado en los componentes de hojarasca, raíces finas y necromasa en los tres conglomerados formados

Cuadro 7. Análisis de varianza y prueba de Duncan para el almacenamiento de carbono ( $\text{tonCha}^{-1}$ ) de tres conglomerados formados con 36 sistemas agroforestales de cacao

Componente	Conglomerado 1 (n=11)	Conglomerado 2 (n=5)	Conglomerado 3 (n=20)	p valor
Suelo	51.89 a	77.97 c	67.43 b	0.0001
Raíces finas	1.65 a	2.08 a	1.51 a	0.3968
Raíces gruesas	8.54 a	13.53 b	16.56 b	0.0279
Necromasa > 10 cm	0.00a	0.02 a	0.07 a	0.6771
Hojarasca	3.12 a	3.85 a	3.76 a	0.6102
Biomasa aérea	42.18 a	69.64 b	89.02 b	0.0268
<b>Carbono total</b>	<b>107.39 a</b>	<b>167.09 b</b>	<b>178.36 b</b>	<b>0.003</b>

- Valores de  $p < 0,05$  indican diferencias estadísticamente significativas detectadas con el análisis de varianza.
- Letras diferentes en filas indican diferencias estadísticamente significativas entre conglomerados.



## 2.6 Conclusiones

- Los sistemas agroforestales de cacao de los departamentos de Suchitepéquez y Retalhuleu del Sur de Guatemala almacenan en promedio un aproximado de 155 tonCha<sup>-1</sup>, considerándose de esta forma que tienen una capacidad alta para almacenar carbono.
- El suelo y la biomasa aérea se consideran los componentes más importantes para la estimación de carbono en SAF de cacao, ya que en conjunto acumulan un 87% del carbono total (41% y 46% respectivamente), el restante 13% de carbono se encuentra fijado en las raíces, hojarasca y necromasa.
- La diversidad de especies maderables y frutales que componen el dosel de sombra en los SAF de cacao en el Sur de Guatemala es determinante en el almacenamiento de carbono en la biomasa aérea (la captura de carbono depende de los diámetros, altura y edad de los árboles maderables y frutales), según lo muestran los resultados del análisis de conglomerados.
- El carbono en el suelo aporta similar cantidad de carbono que la biomasa aérea, aunque no presentó correlación positiva con el carbono total, se considera uno de los principales reservorios de carbono perdurable en el tiempo.
- De acuerdo a las condiciones de paisaje, sitio y composición botánica del dosel de sombra de cacao, se pueden clasificar tres conglomerados (grupos) de los sistemas agroforestales de cacao del Sur de Guatemala, los cuales presentan diferencias estadísticamente significativas en la cantidad de carbono almacenado en los componentes de suelo, raíces gruesas, biomasa aérea y carbono total.
- El conglomerado tres de los SAF de cacao, se encuentra ubicado en valles, a una altura promedio de 354 metros sobre el nivel del mar, con la mayor cantidad de biomasa aérea, fue el que almacenó la mayor cantidad de carbono total.

## 2.7 Recomendaciones

- Realizar estudios dirigidos a la generación de ecuaciones alométricas para algunas especies forestales encontradas en el área de estudio como dosel de sombra.
- Generar una estrategia para que los pequeños productores de cacao del Sur de Guatemala puedan acceder a mecanismos alternativos de pagos por servicios ambientales que ofrecen los sistemas agroforestales de cacao (turismo por conservación de la biodiversidad).
- Fortalecer las estrategias de manejo sostenible de los sistemas agroforestales de cacao, a través de la implementación de planes agroforestales, considerando los componentes biofísicos y socioeconómicos, que les permita a los pequeños productores de cacao, generar ingresos económicos, fuentes energéticas para la producción y preparación de alimentos.
- En las fincas de pequeños productores de cacao del Sur de Guatemala, en donde la edad de las plantas de cacao sobrepasan los 20 años (sumado a la edad, los árboles de cacao sobrepasan los cinco metros de altura), se recomienda realizar un proceso de renovación o rehabilitación de la plantación de forma alterna, que permita aumentar la producción de cacao y mantener los servicios ambientales entre éstos la captura de Carbono.

## 2.8 Bibliografías

1. Alpizar, W. 1997. Proceso metodológico para la cuantificación de carbono de la biomasa en pie en bosque natural y sus estimaciones de no emisión y fijación. Costa Rica, Oficina Costarricense de Implementación Conjunta. 76 p.
2. Beaumont, R. 1999. El protocolo de Kyoto y el mecanismo para un desarrollo limpio: nuevas posibilidades para el sector forestal de América Latina y El Caribe. Santiago, Chile, Oficina Regional de la FAO para América Latina y El Caribe. 42 p.
3. Brown, S. 1997. Los bosques y el cambio climático: el papel de los terrenos forestales como sumideros de carbono. *In* Congreso Forestal Mundial (1997, TR). Turquía, Ministerio Forestal. p.107-128.
4. Brown, S; Lugo, A. 1992. Aboveground biomass estimates for tropical moist forest of the Brazilian Amazon. *Inter-Ciencia* 17(1):8-18.
5. Brown, S; Sathaye, J; Cannel, M; Kauppi, P. 1996. Mitigation of carbon emissions to the atmosphere by forest management. *Commonwealth Forestry Review* no. 2:22-35.
6. Cielsa, W. 1996. Cambios climáticos, bosques y ordenación forestal: una visión de conjunto. Roma, Italia, FAO. 146 p. (Estudios FAO: Montes no. 120).
7. Corporación Nacional Forestal, CL. 1998. El cambio climático global y el efecto invernadero; el rol de los bosques como mitigadores de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Chile. 33 p.
8. Cuellar, N; Rosa, H; González, M. 1999. Los servicios ambientales del agro: el caso del café de sombra en El Salvador. *Prisma* 34:1-16.
9. Dixon, R. 1995. Sistemas agroforestales y gases invernadero. *Agroforestería en las Américas* 2(7):22-26.
10. Eguren, L. 2004. El mercado de carbono en América Latina y el Caribe: balance y perspectivas. Santiago, Chile, CEPAL. 83 p. (Serie Medio Ambiente y Desarrollo).
11. FAO, IT. 2007. Cambio climático y seguridad alimentaria. Roma, Italia. 24 p.
12. Fisher, M; Trujillo, W. 1999. Fijación de carbono en pastos tropicales en sabanas de suelos ácidos neo-tropicales. *In* Seminario Internacional de intensificación de la Ganadería Centroamericana: beneficios económicos y ambientales (1999, Turrialba, CR). Turrialba, Costa Rica, FAO / CATIE / SIDE. p. 115 -135.
13. Fundación Solar, GT. 2000. Elementos técnicos para inventarios de carbono en uso del suelo. Guatemala. 32 p.

14. Gayoso A, J; Guerra C, J. 2005. Contenido de carbono en la biomasa aérea de bosques nativos en Chile. *Bosque (CL)* 26(2):33–38.
15. Goudie, A. 1990. *The human impact on the natural environment*. 3 ed. Oxford, UK, Brasil Blackwell. 388 p.
16. Hall, D; Rao, K. 1994. *Photosynthesis*. 5 ed. Cambridge, UK, Cambridge University Press. 89 p.
17. Hoen, H; Solberg, B. 1994. Potential and economic efficiency of carbon sequestration in forest biomass through silvicultural management. *Forest Science* 40(3):429-451.
18. INE (Instituto Nacional de Ecología, Mx). 2005. México (en línea). *Revista El Carbono* no. 3:11-18. [Consultado 16 mar 2009]. Disponible en <http://www.ine.gob.mx/>. Documento pdf.
19. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, UK). 1990. *The supplementary report to the IPCC scientific assessment*. Cambridge University Press. 127 p.
20. \_\_\_\_\_. 2000. *Land use, land-use change, and forestry special report*. Cambridge, UK, Cambridge University Press. 377 p.
21. \_\_\_\_\_. 2007. *Synthesis report: climate change 2007*. Suiza, IPCC. 52 p.
22. Jandí, R. 2001. Medición de tendencias en el tiempo del almacenamiento de carbono del suelo. *In Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales (2001, CL)*. Valdivia, Chile. 11 p.
23. Kirklund, B. 1990. Como pueden contribuir los bosques y las industrias forestales a reducir el exceso de anhídrido carbónico en la atmósfera. *Unasylva* no. 163:12-14.
24. MacDiken, K. 1997. *A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects*. Arlington, VA, Winrock International Institute for Agricultural Development. 45 p.
25. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2001. *Bosques latifoliados del Sur-Occidente*. Guatemala. 44 p.
26. Martínez, J; Sánchez, G. 2001. El proceso de cuantificación nacional de los sumideros de carbono en los sistemas forestales españoles. *In Congreso Forestal Español (5, 2001, ES)*. Memorias. España, Morata, s.e. p.27-42.
27. Moura-Costa, P. 2001. La convención sobre el clima y el mercado de las contrapartes de las emisiones de carbono basadas en las actividades forestales. *Unasylva*. 52(206):34-40.

28. Nelson, B; Mezquita, R; Pereira, J; Aquino, S; Teixeira, G; Bovino, L. 1999. Allometric regressions for improved estimate of secondary forest biomass in the central Amazon. *Forest Ecology and Management* 117:149-167.
29. Oades, J. 1988. The retention of organic matter in soils. *Biogeochemistry* 5:35-70.
30. Ordoñez, J. 1999. Captura de carbono en un bosque templado: el caso de San Juan Nuevo, Michoacán. México, Instituto Nacional de Ecología. 81 p.
31. Orrego, S; Valle, J. 2001. Existencia y tasa, de incremento neto de la biomasa y del carbono en bosque primario y secundario de Colombia. *In* Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales (2001, CL). Valdivia, Chile. 31 p.
32. Pardé, M. 1980. Forest biomass forestry products abstract: review article. *Commonwealth Forestry Bureau* 3(8):165-184, 192.
33. Pérez-Batallón, P; Ouro, G; Merino, A; Macías, F. 1998. Edafología: flujos de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O en un suelo forestal del norte de España bajo diferentes manejos de restos de corta. *Edafología* 5:47-57. Consultado 28 mar 2009. Disponible en <http://edafologia.ugr.es/revista/Tomo5/Art47Texto.html>
34. PNUMA, AR. 1998. La lucha contra el cambio climático: el compromiso del Parlamento Latinoamericano. Buenos Aires, Argentina. 174 p. (Serie de Ciudadanía Ambiental).
35. Ramos, R. 2003. Fraccionamiento del carbono orgánico del suelo en tres tipos de uso de la tierra en fincas ganaderas de San Miguel de Barranca, Puntarenas-Costa Rica. Tesis MSc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 112 p.
36. Ruiz, A. 2002. Fijación y almacenamiento de carbono en sistemas silvopastoriles y competitividad económica en Mantiguás, Nicaragua. Tesis MSc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 106 p.
37. Sánchez, J; Dubón, A. 1994. Establecimiento y manejo de cacao con sombra: guía técnica para el extensionista forestal. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 82 p. (Serie Técnica, Manual Técnico no. 10).
38. Segura, M. 1997. Almacenamiento y fijación de carbono en *Quercus costaricensis*, en un bosque de altura en la cordillera de Talamanca, Costa Rica. Tesis Lic. Cs. For. Heredia, Costa Rica, CATIE. 83 p.
39. SIFEM (Dirección Nacional de Políticas de Seguridad y Protección Civil, AR). 2000. Cambio climático (en línea). Argentina. Consultado 8 mayo 2009. Disponible en <http://www.proteccioncivil.gov.ar/calentamiento.html>

40. Somarriba, E; Beer, J. 1986. Dimensiones, volúmenes y crecimiento de *Cordia alliodora* en sistemas agroforestales. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 23 p. (Boletín Técnico no 16).
41. Teller, A. 1988. Biomass, productivity and wood waste evaluation in a spruce (*Picea abies*) forest (Strinchmps 983). Commonwealth Forestry Review 7(2):129-148.
42. Trumper, S; Cabanillas. E. 1999. Alcanafta ¿Un combustible alternativo? (en línea). Argentina, Ambiente Ecológico WWW no. 53. Consultado 16 mar 2009. Disponible en <http://www.ambiente-ecologico.com/revist53/main53d.html>
43. Vera Castillo, G. 2003. Recursos genéticos agrícolas y forestales: estado de la diversidad biológica de plantaciones y bosques de Guatemala. Roma, Italia, FAO, Departamento de Montes, Servicio de Desarrollo de Recursos Agrícolas y Forestales. 104 p.

## 2.9 Apéndice

Cuadro 8A. Formato utilizado para el registro de puntos de GPS y colindantes de las parcelas que conformaron la red de estudio del Sur de Guatemala

NOMBRE DEL PRODUCTOR: \_\_\_\_\_ CODIGO DEL CACAOTAL: \_\_\_\_\_

DEPARTAMENTO \_\_\_\_\_ MUNICIPIO: \_\_\_\_\_ COA \_\_\_\_\_

ESTACION	PTO. OBSERVADO	COLINDANTE	NOTA
0-1			
1-2			
2-3			
3-4			

Cuadro 9A. Formato utilizado para la obtención de datos en la red de estudios en las fincas cacaoteras del Sur de Guatemala

<b>FECHA</b>				
<b>NOMBRES Y APELLIDOS DE LOS OBSERVADORES</b>				
<b>PROVINCIA</b>				
<b>CANTON</b>				
<b>DISTRITO</b>				
<b>COMUNIDAD</b>				
<b>NOMBRE DEL AGRICULTOR DUEÑO</b>				
<b>MIEMBRO DE CUALES COAS ?</b>				
<b>EN EL CACAOTAL : PAISAJE, COLINDANTES Y TOPOGRAFIA</b>				
<b>CODIGO del CACAOTAL</b>				
<b>PAISAJE</b>	Abierto (Poco bosque)		Cerrado (Mucho bosque)	
<b>COLINDANTES</b>  DIBUJO DEL CACAOTAL CON COLINDANTES IDENTIFICADOS				
<b>UBICACION TOPOGRAFICA DEL CACAOTAL</b>	Valle	Ladera		
		Abajo	Medio	Arriba



EN EL CUADRO DE MUESTREO							
<b>CODIGO CACAOTAL</b>							
<b>Nombres y apellidos de los OBSERVADORES</b>					<b>FECHA</b>		
<b>COORDENADAS GEOGRAFICAS (Grados, Minutos, Segundos) del PUNTO CENTRAL</b>		<b># del PUNTO GPS</b>					
			<b>N :</b>	°	'	”	
			<b>W :</b>	°	'	”	
<b>ALTITUD del PUNTO CENTRAL (en m)</b>							
<b>SUPERFICIE medida con GPS (ha)</b>							
<b>ORIENTACION de la pendiente mas fuerte del CUADRO</b>							
<b>PENDIENTE MAS FUERTE (grados) del CUADRO</b>							
<b>ARREGLO DEFINIDO en el CUADRO ?</b>		<b>NO</b>	<b>SI</b>	<b>Distancia entre surcos (metros)</b>		<b>Orientación de los surcos (con brújula)</b>	
				<b>Distancia entre plantas del mismo surco (metros)</b>			
<b>RELIEVE del CUADRO</b>		<b>Plano</b>		<b>Hondonado</b>	<b>Ondulado</b>	<b>Otro (especificar)</b>	
<b>TIPO DE CACAO EN EL CUADRO</b> (Si hay varios, apuntar del más importante al menos importante con una estimación del %)		<b>Nombre</b>					
		<b>%</b>					
		<b>Fecha de siembra</b>					
		<b>Modo de propagación</b>	<b>Siembra directa con semillas</b>	<b>Plántulas de vivero procedentes de semillas</b>	<b>Plántulas de vivero injertadas</b>	<b>Estacas</b>	<b>Otros (especificar)</b>

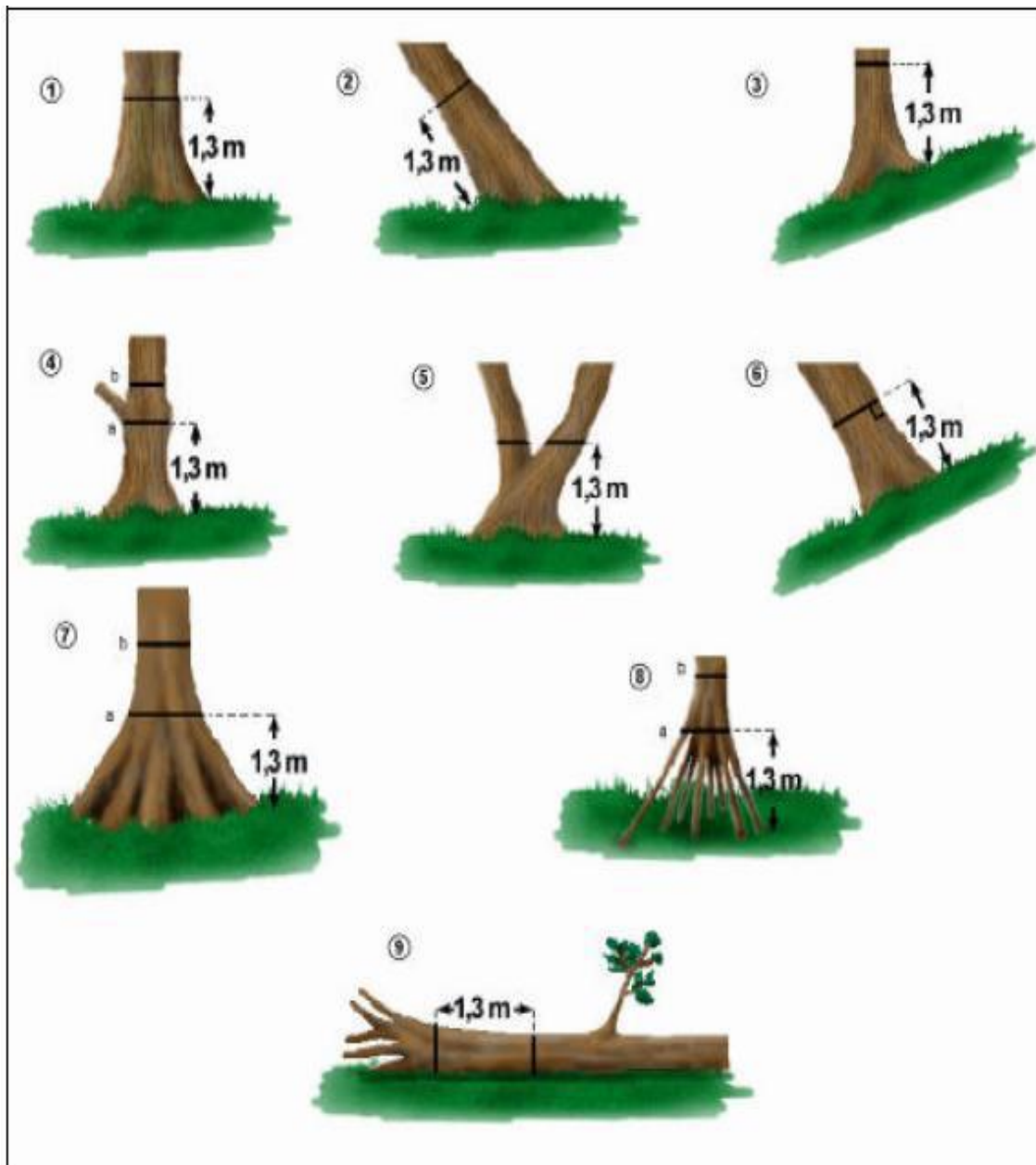


Cuadro 12A. Formato utilizado para el registro de pesos (gramos) de necromasa en campo de la red de estudio

CODIGO DEL CACAOTAL	Necromasa	A1	B5	A2	B4	A3	B3	A4	B2	A5	B1

Cuadro 13A. Formato utilizado para el registro de pesos (gramos) de raíces finas en campo de la red de estudio

CODIGO DEL CACAOTAL	B1-A5	B2-A4	B3-A3	B4-A2	B5-A1



Fuente: Schlegel *et al.* 2001

Figura 29A. Medición correcta de la circunferencia a 1.3 m de altura (DAP), de las especies arbóreas leñosas en los sistemas agroforestales

En las situaciones 4, 7 y 8 la posición (b) es considerada correcta para medir la circunferencia a 1.3 m (DAP).

Cuadro 14A. Formato utilizado para el registro en campo, de las circunferencias y altura de los arboles de cacao (0.3 m) y leñosos (DAP) en las parcelas de estudio

<b>CÓDIGO DEL CACAOTAL :</b>		<b>COMPOSICION BOTANICA DE LA CELDA:</b>				<b>A1</b>	
<b>NOMBRE DE LA PLANTA</b> (excepto cacao) En el caso de Musáceas, solo indicar número de Banano y/o Plátano.	Si Alt. $\geq$ 3m : Circunferencia DEL TRONCO a 1.30 m (excepto cacao y musáceas)  en cm	¿ Gamba s a 1,30 m ? (si o no)	ALTUR A  en metros	<b>ARBOL DE CACAO MAS CENTRAL</b> CIRCUMFERENCIA a 30 cm de largo DE TODOS LOS TRONCOS  en cm	<b>SOLO CACAO</b> NUMERO DE PLANTAS DE CACAO POR ALTURA		
				Tronco 1		$\leq$ 2.5 m	
				Tronco 2		]2.5, 5]	
				Tronco 3		]5, 7.5]	
				Tronco 4		> 7.5 m	
				Tronco 5		TOTAL	
<b>CÓDIGO DEL CACAOTAL :</b>		<b>COMPOSICION BOTANICA DE LA CELDA:</b>				<b>A2</b>	
<b>NOMBRE DE LA PLANTA</b> (excepto cacao) En el caso de Musáceas, solo indicar número de Banano y/o Plátano.	Si Alt. $\geq$ 3m : Circunferencia DEL TRONCO a 1.30 m (excepto cacao y musáceas)  en cm	¿ Gamba s a 1,30 m ? (si o no)	ALTUR A  en metros	<b>ARBOL DE CACAO MAS CENTRAL</b> CIRCUMFERENCIA a 30 cm de largo DE TODOS LOS TRONCOS  en cm	<b>SOLO CACAO</b> NUMERO DE PLANTAS DE CACAO POR ALTURA		
				Tronco 1		$\leq$ 2.5 m	
				Tronco 2		]2.5, 5]	
				Tronco 3		]5, 7.5]	
				Tronco 4		> 7.5 m	
				Tronco 5		TOTAL	

<b>CÓDIGO DEL CACAOTAL :</b>		<b>COMPOSICION BOTANICA DE LA CELDA:</b>				<b>A3</b>	
<b>NOMBRE DE LA PLANTA</b> (excepto cacao) En el caso de Musáceas, solo indicar número de Banano y/o Plátano.	Si Alt. $\geq$ 3m : Circunferencia DEL TRONCO a 1.30 m (excepto cacao y musáceas)  en cm	¿ Gamba s a 1,30 m ? (si o no)	ALTUR A  en  metros	<b>ARBOL DE CACAO MAS CENTRAL</b> CIRCUMFERENCIA a 30 cm de largo DE TODOS LOS TRONCOS  en cm	<b>SOLO CACAO</b> NUMERO DE PLANTAS DE CACAO POR ALTURA		
				Tronco 1		$\leq 2.5$ m	
				Tronco 2		]2.5, 5]	
				Tronco 3		]5, 7.5]	
				Tronco 4		> 7.5 m	
				Tronco 5		TOTAL	
<b>CÓDIGO DEL CACAOTAL :</b>		<b>COMPOSICION BOTANICA DE LA CELDA:</b>				<b>A4</b>	
<b>NOMBRE DE LA PLANTA</b> (excepto cacao) En el caso de Musáceas, solo indicar número de Banano y/o Plátano.	Si Alt. $\geq$ 3m : Circunferencia DEL TRONCO a 1.30 m (excepto cacao y musáceas)  en cm	¿ Gamba s a 1,30 m ? (si o no)	ALTUR A  en  metros	<b>ARBOL DE CACAO MAS CENTRAL</b> CIRCUMFERENCIA a 30 cm de largo DE TODOS LOS TRONCOS  en cm	<b>SOLO CACAO</b> NUMERO DE PLANTAS DE CACAO POR ALTURA		
				Tronco 1		$\leq 2.5$ m	
				Tronco 2		]2.5, 5]	
				Tronco 3		]5, 7.5]	
				Tronco 4		> 7.5 m	
				Tronco 5		TOTAL	

<b>CÓDIGO DEL CACAOTAL :</b>		<b>COMPOSICION BOTANICA DE LA CELDA:</b>				<b>A5</b>	
<b>NOMBRE DE LA PLANTA</b> (excepto cacao) En el caso de Musáceas, solo indicar número de Banano y/o Plátano.	Si Alt. $\geq$ 3m : Circunferencia DEL TRONCO a 1.30 m (excepto cacao y musáceas)  en cm	¿ Gamba s a 1,30 m ? (si o no)	ALTUR A  en  metros	<b>ARBOL DE CACAO MAS CENTRAL</b> CIRCUMFERENCIA a 30 cm de largo DE TODOS LOS TRONCOS  en cm		<b>SOLO CACAO</b> NUMERO DE PLANTAS DE CACAO POR ALTURA	
				Tronco 1		$\leq$ 2.5 m	
				Tronco 2		]2.5, 5]	
				Tronco 3		]5, 7.5]	
				Tronco 4		> 7.5 m	
				Tronco 5		TOTAL	
<b>CÓDIGO DEL CACAOTAL :</b>		<b>COMPOSICION BOTANICA DE LA CELDA:</b>				<b>B1</b>	
<b>NOMBRE DE LA PLANTA</b> (excepto cacao) En el caso de Musáceas, solo indicar número de Banano y/o Plátano.	Si Alt. $\geq$ 3m : Circunferencia DEL TRONCO a 1.30 m (excepto cacao y musáceas)  en cm	¿ Gamba s a 1,30 m ? (si o no)	ALTUR A  en  metros	<b>ARBOL DE CACAO MAS CENTRAL</b> CIRCUMFERENCIA a 30 cm de largo DE TODOS LOS TRONCOS  en cm		<b>SOLO CACAO</b> NUMERO DE PLANTAS DE CACAO POR ALTURA	
				Tronco 1		$\leq$ 2.5 m	
				Tronco 2		]2.5, 5]	
				Tronco 3		]5, 7.5]	
				Tronco 4		> 7.5 m	
				Tronco 5		TOTAL	

<b>CÓDIGO DEL CACAOTAL :</b>		<b>COMPOSICION BOTANICA DE LA CELDA:</b>				<b>B2</b>	
<b>NOMBRE DE LA PLANTA</b> (excepto cacao) En el caso de Musáceas, solo indicar número de Banano y/o Plátano.	Si Alt. $\geq$ 3m : Circunferencia DEL TRONCO a 1.30 m (excepto cacao y musáceas)  en cm	¿ Gamba s a 1,30 m ? (si o no)	ALTUR A  en  metros	<b>ARBOL DE CACAO MAS CENTRAL</b> CIRCUMFERENCIA a 30 cm de largo DE TODOS LOS TRONCOS  en cm		<b>SOLO CACAO</b> NUMERO DE PLANTAS DE CACAO POR ALTURA	
				Tronco 1		$\leq$ 2.5 m	
				Tronco 2		]2.5, 5]	
				Tronco 3		]5, 7.5]	
				Tronco 4		> 7.5 m	
				Tronco 5		TOTAL	
<b>CÓDIGO DEL CACAOTAL :</b>		<b>COMPOSICION BOTANICA DE LA CELDA:</b>				<b>B3</b>	
<b>NOMBRE DE LA PLANTA</b> (excepto cacao) En el caso de Musáceas, solo indicar número de Banano y/o Plátano.	Si Alt. $\geq$ 3m : Circunferencia DEL TRONCO a 1.30 m (excepto cacao y musáceas)  en cm	¿ Gamba s a 1,30 m ? (si o no)	ALTUR A  en  metros	<b>ARBOL DE CACAO MAS CENTRAL</b> CIRCUMFERENCIA a 30 cm de largo DE TODOS LOS TRONCOS  en cm		<b>SOLO CACAO</b> NUMERO DE PLANTAS DE CACAO POR ALTURA	
				Tronco 1		$\leq$ 2.5 m	
				Tronco 2		]2.5, 5]	
				Tronco 3		]5, 7.5]	
				Tronco 4		> 7.5 m	
				Tronco 5		TOTAL	



<b>CÓDIGO DEL CACAOTAL :</b>		<b>COMPOSICION BOTANICA DE LA CELDA:</b>				<b>B4</b>	
<b>NOMBRE DE LA PLANTA</b> (excepto cacao) En el caso de Musáceas, solo indicar número de Banano y/o Plátano.	Si Alt. $\geq$ 3m : Circunferencia DEL TRONCO a 1.30 m (excepto cacao y musáceas)  en cm	¿ Gamba s a 1,30 m ? (si o no)	ALTUR A  en  metros	<b>ARBOL DE CACAO MAS CENTRAL</b> CIRCUMFERENCIA a 30 cm de largo DE TODOS LOS TRONCOS  en cm	<b>SOLO CACAO</b> NUMERO DE PLANTAS DE CACAO POR ALTURA		
				Tronco 1		$\leq 2.5$ m	
				Tronco 2		]2.5, 5]	
				Tronco 3		]5, 7.5]	
				Tronco 4		> 7.5 m	
				Tronco 5		TOTAL	
<b>CÓDIGO DEL CACAOTAL :</b>		<b>COMPOSICION BOTANICA DE LA CELDA:</b>				<b>B5</b>	
<b>NOMBRE DE LA PLANTA</b> (excepto cacao) En el caso de Musáceas, solo indicar número de Banano y/o Plátano.	Si Alt. $\geq$ 3m : Circunferencia DEL TRONCO a 1.30 m (excepto cacao y musáceas)  en cm	¿ Gamba s a 1,30 m ? (si o no)	ALTUR A  en  metros	<b>ARBOL DE CACAO MAS CENTRAL</b> CIRCUMFERENCIA a 30 cm de largo DE TODOS LOS TRONCOS  en cm	<b>SOLO CACAO</b> NUMERO DE PLANTAS DE CACAO POR ALTURA		
				Tronco 1		$\leq 2.5$ m	
				Tronco 2		]2.5, 5]	
				Tronco 3		]5, 7.5]	
				Tronco 4		> 7.5 m	
				Tronco 5		TOTAL	

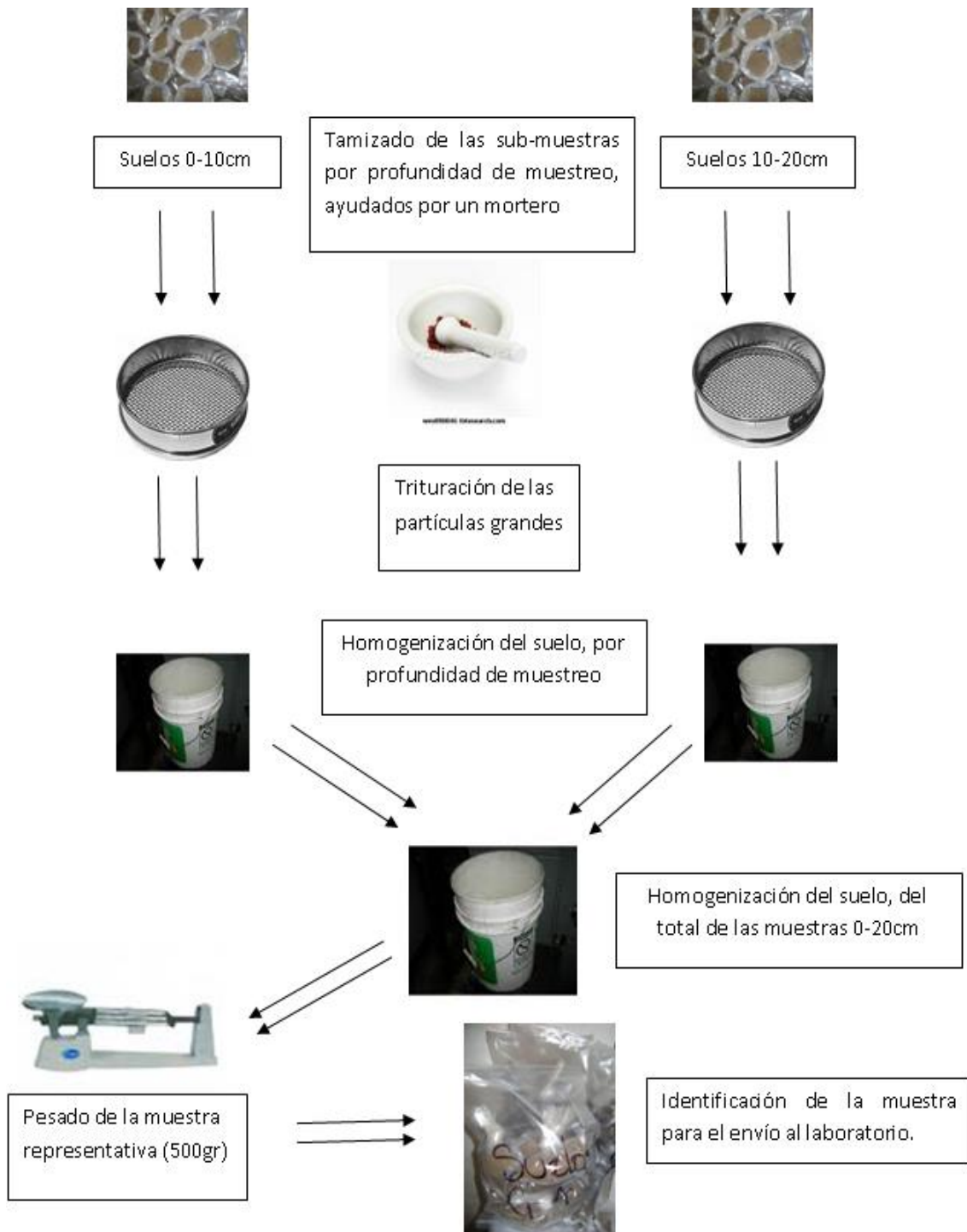


Figura 30A. Procedimiento grafico de la metodología realizada para la obtención de la muestra representativa de suelo de las parcelas de estudio

Cuadro 15A. Localización de los sistemas agroforestales de cacao, donde se encuentran ubicadas las parcelas de muestreo del estudio

CODIGO DE LA PARCELA	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	ALDEA O CASERIO	COA	PUNTO CENTRAL DE LA PARCELA DE MUESTEO	
					GPS	ALTURA (m)
G01	Suchitepéquez	Chicacao	Finca La Americana	ASECAN	N14 33.119 W91 19.281	519
G02	Suchitepéquez	Chicacao	Finca La Americana	ASECAN	N14 33.006 W91 19.255	546
G03	Suchitepéquez	Chicacao	Nanzáles	ASECAN	N14 32.934 W91 21.404	479
G04	Suchitepéquez	San Miguel Panán	San Rafael Bujilla, sector La Cumbre	ASECAN	N14 31.982 W91 21.547	479
G05	Suchitepéquez	San Miguel Panán	San Rafael Bujilla, sector La Cumbre	ASECAN	N14 31.917 W91 21.864	402
G06	Suchitepéquez	San Miguel Panán	San Rafael Bujilla, sector Perú	ASECAN	N14 31.506 W91 21.408	396
G07	Suchitepéquez	San Miguel Panán	San Rafael Bujilla, sector Perú	ASECAN	N14 31.487 W91 21.411	398
G08	Suchitepéquez	San Miguel Panán	San Miguel Panán, Villa Hortensia	ASECAN	N14 31.423 W91 22.112	326
G09	Suchitepéquez	San Miguel Panán	El Cementerio	ASECAN	N14 31.537 W91 22.025	329
G10	Suchitepéquez	San Miguel Panán	San Miguel Panán, Guadiela	ASECAN	N14 31.139 W91 21.997	324
G11	Suchitepéquez	San Miguel Panán	San Miguel Panán, Guadiela	ASECAN	N14 31.107 W91 22.015	319
G12	Suchitepéquez	San Miguel Panán	San Miguel Panán, Guadiela	ASECAN	N14 31.082 W91 22.003	326
G13	Suchitepéquez	San Miguel Panán	San Miguel Panán	USAC	N14 30.056 W91 21.965	291
G14	Suchitepéquez	San Antonio Suchitepéquez	Barrios I	ASECAN	N14 30.349 W91 22.728	290
G15	Suchitepéquez	San Antonio Suchitepéquez	Barrios I	APROCA	N14 30.381 W91 22.732	299
G16	Suchitepéquez	San Antonio Suchitepéquez	Barrios I	APROCA	N14 30.496 W91 22.702	292
G17	Suchitepéquez	San Antonio Suchitepéquez	Barrios I	ASECAN	N14 30.499 W91 22.578	298
G18	Suchitepéquez	San Antonio Suchitepéquez	Barrios I	ASECAN	N14 30.500 W91 22.388	318
G19	Suchitepéquez	San Antonio Suchitepéquez	Barrios I	APROCA	N14 30.621 W91 22.527	326
G20	Suchitepéquez	San Antonio Suchitepéquez	Barrios I	APROCA	N14 30.658 W91 22.801	298
G21	Suchitepéquez	San Antonio Suchitepéquez	Nahualate	ASECAN	N14 32.207 W91 23.147	383

G22	Suchitepéquez	San Antonio Suchitepéquez	Nahualate	ASECAN	N14 32.147 W91 23.186	405
G23	Suchitepéquez	San Antonio Suchitepéquez	Nahualate	ASECAN	N14 32.119 W91 23.231	376
G24	Suchitepéquez	San Antonio Suchitepéquez	Barrios I	APROCA	N14 31.754 W91 24.126	351
G25	Suchitepéquez	San Antonio Suchitepéquez	San Antonio Suchitepéquez	APROCA	N14 32.241 W91 24.746	410
G26	Suchitepéquez	San Antonio Suchitepéquez	San Antonio Suchitepéquez	ASECAN	N14 32.644 W91 24.928	454
G27	Suchitepéquez	San Antonio Suchitepéquez	La Circunvalación	ASECAN	N14 32.841 W91 25.819	478
G28	Retalhuleu	San Sebastián Retalhuleu	San Sebastián Retalhuleu	APROCA	N14 33.237 W91 38.817	308
G29	Retalhuleu	San Sebastián Retalhuleu	San Sebastián Retalhuleu	APROCA	N14 33.279 W91 38.817	325
G30	Retalhuleu	San Sebastián Retalhuleu	San Sebastián Retalhuleu	APROCA	N14 33.801 W91 38.468	326
G31	Retalhuleu	San Sebastián Retalhuleu	San Sebastián Retalhuleu	APROCA	N14 34.864 W91 39.716	328
G32	Retalhuleu	San Sebastián Retalhuleu	San Sebastián Retalhuleu	APROCA	N14 34.916 W91 39.779	329
G33	Retalhuleu	El Asíntal Retalhuleu	El Asíntal Retalhuleu	APROCA	N14 37.867 W91 44.830	531
G34	Retalhuleu	El Asíntal Retalhuleu	El Asíntal Retalhuleu	APROCA	N14 37.818 W91 44.948	487
G35	Retalhuleu	El Asíntal Retalhuleu	El Asíntal Retalhuleu	APROCA	N14 37.771 W91 44.904	528
G36	Retalhuleu	El Asíntal Retalhuleu	El Asíntal Retalhuleu	APROCA	N14 37.680 W91 45.067	516
GB37	Suchitepéquez	Chicacao	Chicacao	ASECAN	N14 33.040 W91 20.745	556
GB38	Retalhuleu	El Asíntal Retalhuleu	El Asíntal Retalhuleu	APROCA	N14 39.130 W91 43.670	709
GB39	Retalhuleu	El Asíntal Retalhuleu	El Asíntal Retalhuleu	APROCA	N14 39.355 W91 43.408	741

**CAPITULO III**

---

**INFORME DE SERVICIOS**

### **3.1 Presentación**

La producción de plantas en vivero puede realizarse de dos maneras; por semilla o por injerto. Para producir plantas por semilla tomamos en cuenta la variedad del cacao que queremos establecer, seleccionamos un árbol saludable, la mazorca más grande y las semillas del centro del fruto, ya que esto garantiza la calidad de la planta que vamos a producir.

Una vez establecido el vivero necesitamos realizar un buen manejo para producir plantas de calidad (ya sea para la producción de plantas por semilla o para producir plántulas para injertar). Para ello es importante realizar las siguientes actividades: Riego, control de malezas, remoción de plantas, regulación de sombra y fertilización.

Las producciones de cacao del Sur de Guatemala presentan problemas de susceptibilidad a plagas y enfermedades, las cuales provocan la pérdida de floración y fructificación trayendo consigo la disminución en la cantidad de producto obtenido por año. Debido a lo anterior los pequeños productores de cacao han implementado la producción de plantas con enfoque a la injertación de una forma convencional (para tener clones mejorados con el fin de disminuir los problemas de susceptibilidad), observando de esta forma una lenta producción de plántulas para el trasplante. Por esta razón se implementó un ensayo con el propósito principal de disminuir el tiempo de obtención de una plántula con diámetro igual o muy próximo a un centímetro necesaria para la injertación convencional, utilizando dos métodos de fertilización; el convencional y el intensivo, obteniendo como resultado principal, que el tipo de fertilizante y la intensidad de aplicación del mismo, no presentan diferencias estadísticas, y es mejor utilizar suelo (como sustrato) de plantaciones establecidas de cacao, el cual contiene altas cantidades de nutrientes debido a que son suelos de origen volcánico. También se implementó un servicio de capacitaciones con el método de Escuelas de Campo (ECA's) con el fin primordial de que los pequeños cacaoteros del área de estudio mejoren las técnicas en el uso de herramientas y calidad de árboles para aumentar la productividad y disminuir las pérdidas de la cosecha por problemas de susceptibilidad a plagas y enfermedades debido a la mala genética utilizada en el área de estudio.

**3.2 Servicio 1: Estimación de la frecuencia y tipo de fertilizante, para la reducción del tiempo de injertación, de la plantas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en etapa de vivero en Centro Agronómico Tropical (BULBUXYA) de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, ubicado en el municipio de San Miguel Panán, del departamento de Suchitepéquez.**

**3.2.1 Objetivos**

**A. General**

- Establecer un programa de fertilización adecuado en vivero que disminuya el tiempo de obtención de un diámetro adecuado para la injertación convencional, en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el Centro Agronómico Tropical Bulbuxyá (CATBUL).

**B. Específico**

- Determinar la fórmula y frecuencia de fertilización adecuada para el vivero de cacao, de acuerdo al grosor de los tallos tomado por debajo de la cicatriz de los cotiledones y un análisis de costos de fertilización.

**3.2.2 Hipótesis**

**Ho:** Todos los tipos y frecuencias de fertilización tendrán el mismo efecto sobre el aumento del diámetro del tallo (cm) de las plantas de cacao (*Theobroma cacao* L.) a nivel de vivero.

**Ha:** Por lo menos algún tipo y frecuencia de fertilización tendrá un mayor efecto sobre el aumento en el diámetro del tallo (cm) en las plantas de cacao (*Theobroma cacao* L.) a nivel de vivero.

### 3.2.3 Metodología

#### A. Descripción del ensayo

Para este ensayo se utilizó el diseño de bloques al azar, debido a las condiciones del vivero (luminosidad, pendiente, riego).

a. Se tomaron en cuenta dos frecuencias de fertilización:

i. Fertilización Convencional:

-Cada 21 días fertilización al suelo (Granulados y Solu-feed).

-Cada 15 días fertilización foliar (Multi-feed)

ii. Fertilización Intensiva:

-Dos veces por semana fertilización foliar (días lunes y viernes).

-Una vez por semana Fertilización al suelo (día miércoles)

B. Dosis de fertilizante utilizadas (Recomendación por el encargado de CATBUL –Sr. Julio Cesar Pérez Siquinajay-)

a. Fertilización al suelo:

-Fórmula 18-6-12 Granulado= 3.2 gr por planta

-Fórmula 20-20-0 Granulado= 3.7 gr por planta

-Solu-feed Soluble= 2libras/bomba de 16 litros

b. Fertilización al follaje:

-Fórmula 17-9-27+0.90 B+0.60 Zn+EM Multi-feed Soluble= 8 MB/bomba de 16 litros.



### C. Descripción de los tratamientos

- a. Tratamiento 1: Convencional= 18-6-12 granulado (cada 21 días)  
Multi-feed soluble (cada 15 días)
- b. Tratamiento 2: Intensivo= 18-6-12 granulado (1 vez/semana)  
Multi-feed soluble (2 veces/semana)
- c. Tratamiento 3: Intensivo= Solu-feed soluble (1 vez/semana)  
Multi-feed soluble (1 vez/semana)
- d. Tratamiento 4: Convencional= 20-20-0 granulado (cada 21 días)  
Multi-feed soluble (cada 15 días)
- e. Tratamiento 5: Testigo absoluto= Sin aplicación de fertilizante.

### D. Número de Bloques o Repeticiones del ensayo

El ensayo constó de un número de tres bloques o repeticiones donde fueron ubicados los cinco tratamientos/bloque.

### E. Unidad de muestreo

La unidad de muestreo fue de 10 plantas/ tratamiento.

### F. Número de plantas por tratamiento

El número de plantas utilizadas por tratamiento fue de 20. Dando como resultado la utilización de un total de 300 plantas/el ensayo.

### G. Variable muestreada

Diámetro: Medido por debajo de la cicatriz de los cotiledones.

#### H. Distribución de los tratamientos en el vivero

La distribución de los tratamientos en el vivero se realizó al azar/bloque utilizando la función de SHIFT + Ran # que aparece en la calculadora, quedando la distribución de la siguiente manera.

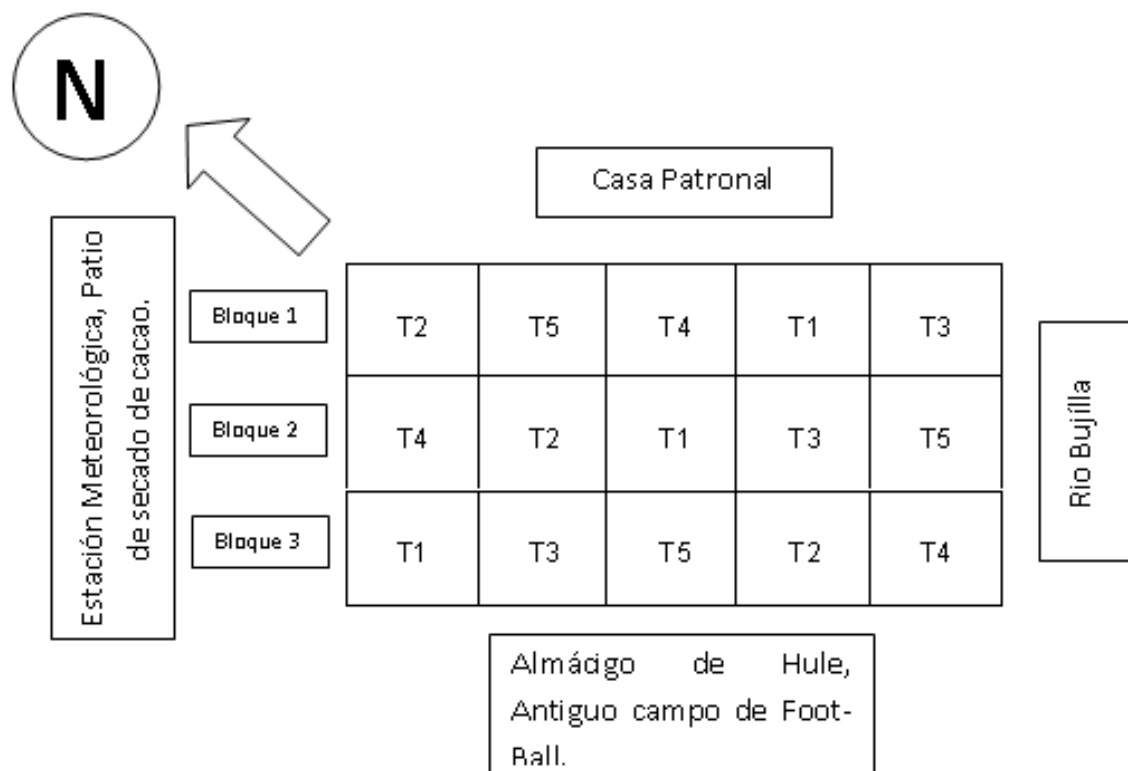


Figura 31. Medición de los diámetros de las plantas a utilizar para el ensayo

Las plantas que se utilizaron para aplicar los tratamientos constaban de 1.5 meses de edad y eran del clon denominado SCA-12, éstas fueron ubicadas en tres hileras (100 plantas/hilera) las cuales fueron denominadas bloques, con características visuales similares (altura y diámetro), luego fueron identificadas 10 plantas/tratamiento/bloque, a las que se les tomó la medida del diámetro en la parte inferior de la cicatriz de los cotiledones (ya que esta área es utilizada para realizar los injertos), al inicio y al final del ensayo, con una forcípula.

## I. Aplicación de los Tratamientos

- a. Aplicación de los fertilizantes granulados: La aplicación se realizó de forma directa a la bolsa de la planta, abriendo un agujero en el sustrato y aplicando el fertilizante luego era tapado el agujero. La aplicación del fertilizante se realizó utilizando una tapa o corcholata de botella de vidrio de presentación de 355 ml (medida utilizada en por el personal de CATBUL).
  
- b. Aplicación de los fertilizantes solubles: Para esta aplicación fue necesaria la calibración de una bomba de mochila, para determinar la cantidad de agua a utilizar. Dando como resultado para la aplicación de los fertilizantes Solu-feed (Forma de aplicación tronqueada –utilizar un litro/tratamiento/bloque- (20 plantas)) y Multi-feed (forma de aplicación foliar –utilizar 0.3 litros/tratamiento/bloque- (20 plantas)).

Las aplicaciones de los fertilizantes eran realizadas durante las horas de la mañana (frecuentemente de 7:00 a 8:00 a.m.), después de que se realizaba el respectivo riego diario, debido a que la literatura indica que para la aplicación de fertilizantes granulados directamente al suelo éste debe estar húmedo, con el fin de evitar quemaduras a las raíces de las plantas.

El ensayo se realizó en un tiempo de cuatro meses (dando inicio el 01/07/2009 y concluyendo el 04/11/2009), ya que la literatura indica que para realizar un injerto del tipo convencional la planta debe de tener de cuatro a seis meses de edad y un diámetro mayor o igual a 1 cm.

## 3.2.4 Resultados

Cuadro 16. Aumento promedio del diámetro (cm) en los cuatro meses de estudio

BLOQUES	TRATAMIENTOS				
	I	II	III	IV	V
I	0.5	0.3	0.5	0.6	0.4
II	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4
III	0.3	0.4	0.2	0.5	0.3

BLOQUES	TRATAMIENTOS					Yj.	Yj <sup>2</sup> .
	I	II	III	IV	V		
I	0.5	0.3	0.5	0.6	0.4	2.4	5.76
II	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	1.8	3.24
III	0.3	0.4	0.2	0.5	0.3	1.6	2.56
Yi.	1.1	1.0	1.1	1.5	1.1	5.7	
Yi <sup>2</sup> .	1.2	1.0	1.1	2.3	1.2		

Cuadro 17. Resultado del Análisis de Varianza de los resultados del aumento del diámetro por tratamiento

ANALISIS DE VARIANZA					
F.V	G.L	S.C.	C.M.	Fcal	Ftab
Tratamientos	4	0.1	0.022042	<b>0.1573</b>	<b>3.68</b>
Bloques	2	-1.03	-0.51467		
Error	8	1.12	0.140125		
Total	14	0.18			

Cuadro 18. Coeficiente de Variación

PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	COEFICIENTE DE VARIACION	
0.4	0.113	0.30	30%

Para el proceso de injertación se necesita que la planta utilizada como patrón tenga una edad de siembra de cuatro a cinco meses, y un diámetro aproximadamente de 1 centímetro (2). De acuerdo a los resultados mostrados en la Tabla No. 1 se puede observar que los diámetros obtenidos al concluir el ensayo se encuentran por debajo del diámetro requerido o necesario para realizar la injertación, sin embargo los promedios obtenidos en los diámetros de las plántulas del ensayo tienden a mostrar similitud esto debido a que los suelos en los que se desarrollan las plantas de cacao son de origen volcánico (Andísoles; suelos que se encuentran distribuidos en zonas cálidas y sus plantas y árboles de sombra tienden a soltar una gran cantidad de hojas (3), obteniendo de esta forma alto porcentaje de materia orgánica en los suelos de las plantaciones de cacao), debido a esto se logra un continuo enriquecimiento de nutrientes naturales, ya que la ceniza y lava volcánica han contribuido a generar suelos fértiles y nutritivos (1). Lo anterior demuestra que al utilizar el suelo de las plantaciones de cacao como sustrato para la elaboración de almácigos, se obtienen los nutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo normal de las plántulas de cacao como se observa el resultado del tratamiento No. 5 y por ende se obtiene un coeficiente de variación del 30% (como lo muestra la tabla No. 3) lo cual indica que todos los tratamientos utilizados en este ensayo producen el mismo efecto en el crecimiento del diámetro de las plántulas de cacao utilizadas como patrón.

### 3.2.5 Conclusiones

- De acuerdo al resultado obtenido después de realizar el Análisis de Varianza del aumento de los diámetros de los tallos de las plántulas de cacao, con un 95% de confianza se acepta la Hipótesis Nula -Ho.- ( $F_{tab} > F_{cal}$ ) y se dice que las frecuencias y tipos de fertilizantes utilizados en el ensayo anterior provocan el mismo efecto en el aumento de diámetro (cm) en el tallo de las plántulas de cacao a nivel de vivero.
- De acuerdo a que todos los tratamientos dan como resultado el mismo efecto en el aumento de diámetro de las plántulas de cacao en vivero, ya no fue necesario realizar el análisis financiero del ensayo, ya que se dice que el tratamiento de menos costo, es el tratamiento No. 5 (sin aplicación).
- De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla No.3 se dice que con un 30% de variación en los datos del aumento de diámetro (cm) de las plántulas de cacao en fase de vivero, se acepta el ensayo, debido a que el Coeficiente de Variación (C.V) depende de la desviación estándar y la media aritmética (promedio), y cuando éstos son 0 o muy próximos a estos valores (como en este caso) el C.V. pierde significado, ya que puede dar valores muy grandes que no necesariamente implican dispersión de datos.

### 3.2.6 Recomendaciones

- De acuerdo a los resultados obtenidos, se recomienda al personal administrativo de campo del CATBUL, que se realice un análisis químico completo de laboratorio al sustrato a utilizar en cada etapa de vivero en el cultivo de cacao, para determinar los nutrientes específicamente necesarios.
- Se recomienda realizar nuevamente el estudio, para determinar si realmente existe una fórmula y frecuencia de fertilización adecuada para el aumento de diámetro (cm) del tallo y de esta forma reducir la etapa de vivero en el cultivo de cacao, pero con fórmulas de mezclas físicas de fertilizantes realizados por ellos (de acuerdo al resultado del análisis químico completo del sustrato) –específicamente con Nitrógeno y Fósforo como elementos-, para que de esta forma realmente se aplique la cantidad y elemento necesario para suplir la deficiencia del sustrato. Dar inicio al estudio cuando las plántulas de cacao eliminen los cotiledones (15 a 25 días después de emergida la plúmula).

**1.3 Servicio No. 2: Capacitaciones sobre el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en los municipios de San Antonio, San Rafael Bujilla y San Miguel Panán del departamento de Suchitepéquez, de acuerdo al Programa Educación y Comunicación a familias cacaoteras del Proyecto Cacao Centroamérica (PCC) del CATIE-Guatemala.**

1.3.1 Objetivos

A. General

- Impartir Escuelas de Campo (ECA's) a cuatro comunidades de familias cacaoteras del departamento de Suchitepéquez.

B. Específicos

- Capacitar a las familias cacaoteras en temas novedosos sobre cacao (Biología, Reproducción Asexual y Enfermedades).
- Mejorar las habilidades de los productores en las técnicas necesarias para el manejo de sus sistemas agroforestales de cacao.

1.3.2 Temas utilizados en la capacitación de los propietarios de las fincas cacaoteras en el departamento de Suchitepéquez

A. Biología reproductiva del cacao

Con énfasis en:

- a. Arquitectura floral
- b. Factores que influyen en la floración
- c. Polinización y polinizadores
- d. Variabilidad
- e. Compatibilidad
  - Auto-compatibilidad
  - Compatibilidad cruzada e incompatibilidad



## B. Árboles Superiores de cacao

- a. Qué es un árbol superior
- b. Qué características debe tener un árbol superior
- c. Cómo identificar un árbol superior

## C. Biología y control de la Phytophthora

- a. Biología del hongo
- b. Diferentes etapas de la enfermedad
- c. Factores que favorecen a la enfermedad
- d. Control de la enfermedad

## D. Injertación

- a. Diferencia entre clones e híbridos
- b. Promoción de los clones
- c. Tejidos
- d. Cicatrización
- e. Fisiología de las plantas
- f. Injertación, diferentes tipos de injertos:
  - Injertación temprana
  - Injertación tradicional
  - Injertación en chupones
  - Injertación en ramas gruesas

### 1.3.3 Metodología

Las sesiones para las ECA's son determinadas por el técnico de cada región al inicio del año, con lo cual se establece un calendario para impartir cada una de ellas. Como la bibliografía lo indica cada sesión se desarrolla en las fincas de las familias cacaoteras, rotando las fincas para cada ECA. Cada sesión de ECA duraba 6 horas de las cuales se utilizaba una hora para almorzar o para una pequeña refacción (la cual era otorgada por presupuesto del CATIE-PCC), cada sesión por comunidad era cada mes y medio o cada dos meses (ya que las personas de esta región no solo se dedican al cultivo de cacao).

#### A. Registro de asistencia

Al iniciar la sesión, se procedía a llenar la lista de asistentes, esto era necesario para el seguimiento de las escuelas de campo y para saber al final a cuantas personas se capacitaron en cada comunidad.

#### B. Presentación de los módulos de capacitación

- a. Primero se realizaba una presentación sobre la información técnica del tema a discutir (Se apoyaba con los materiales didácticos de enseñanza.)
- b. Después se pedía a los participantes que respondieran a algunas preguntas sobre el tema a tratar, que compartieran algunas experiencias y se realizaba una discusión del tema.
- c. Luego se realizaba una demostración técnica de cómo utilizar el tema tratado directamente en campo.
- d. Después cada uno de los participantes practicaban la técnica con las indicaciones otorgadas.

### C. Análisis de los cacaotales y comparaciones en campo

En esta fase se otorgaban tareas a las familias:

- a. Cada familia observaba aspectos del cultivo de cacao (manejo, enfermedades, suelo, clima, árboles superiores seleccionados, etc.), en el lugar donde se estaba realizando la ECA.
- b. Se promovían comparaciones en campo de acuerdo a ECA's anteriores
  - i. Para que las familias mejorarán la capacidad de observación, análisis y toma de decisiones.
  - ii. En cada sesión las familias presentaban sus observaciones, resultados y recomendaciones.

### D. Evaluación participativa

- a. Se solicitaba a los participantes se sentaran formando un círculo, para discutir y evaluar la escuela de campo.
- b. Se realizaba una serie de preguntas sobre cómo les pareció lo enseñado, si les gustó la capacitación, qué quisieran que se cambie, etc.
- c. Las familias daban sus opiniones y éstas eran anotadas, con el fin de saber si se estaba capacitando de una forma correcta o si se debía mejorar alguna etapa de la ECA.

### 1.3.4 Resultados

- Se logro capacitar a un total de 49 familias cacaoteras del departamento de Suchitepéquez, en los siguientes municipios:

Cuadro 19. Número de familias capacitadas/municipio

<b>Municipio</b>	<b>No. de familias capacitadas</b>
San Antonio Suchitepéquez	17
San Rafael Bujilla	22
San Miguel Panán	10

Cuadro 20. Distribución de los temas de las ECA's en los municipios del departamento de Suchitepéquez

<b>Tema</b>	<b>Municipio</b>
Biología Reproductiva de Cacao	San Antonio
Arboles Superiores	San Antonio
Biología y Control de Phytophthora	San Rafael Bujilla
Injertación	San Miguel Panán

De acuerdo a los resultados mostrados en el Cuadro19 se llegó a determinar que del total de los productores inscritos en los tres municipios del departamento de Suchitepéquez, únicamente el 42% de estos productores asisten a las capacitaciones mensuales que realiza el técnico de la asociación correspondiente al lugar de producción.

La falta de participación de los productores inscritos en la ECA's de los municipios de San Miguel Panán, San Rafael Bujilla y San Antonio Suchitepéquez del departamento de Suchitepéquez, es ocasionada directamente porque los productores de estas áreas necesitan salir de sus municipios y algunas veces de sus departamentos para obtener trabajo (trabajos relacionados con la producción agrícola –ejemplo: Siembra, limpieza y cosecha de caña de azúcar-), esto debido a que las áreas promedio que estos productores poseen para la producción de cacao son pequeñas (0.4 ha/productor) y las prácticas de manejo del cacao son mínimas, convirtiendo de esta forma a estas áreas de producción económicamente no rentable (en esta área con familias de 6-8 integrantes).

### 1.3.5 Conclusiones

- Para el proceso de las ECA's en los municipios mencionados anteriormente, se esperaba la participación mínima de 20 familias/ECA, ya que era un requisito indispensable en el Programa de Educación y Comunicación del Proyecto Cacao Centroamérica, pero por ser caso especial (para servicios) de parte del proyecto surgió la elasticidad necesaria para impartir la ECA no importando el número total de participantes y como se muestra anteriormente, solo en el municipio de San Rafael Bujilla se obtuvo el número esperado de participantes.
- En el proceso de impartir las ECA's, se pudo observar que los productores de cacao adoptaron de una mejor forma las siguientes prácticas de manejo en el cultivo de cacao: Podas de árboles de cacao y sombra, eliminación de los frutos dañados por *Phytophthora* y animales, limpiezas de árboles y chapeo de las hierbas rastreras, pero de forma muy separada y no como un manejo integrado de enfermedades y producción del cultivo.

### 1.3.6 Recomendaciones

- Se recomienda al personal de CATIE que preside el Proyecto de Educación y Comunicación del PCC que conjuntamente con los técnicos de las Asociaciones de Productores de Cacao del área (ASECAN –Asociación de Sembradores de Cacao de la Cuenca del Nahualate- y APROCA –Asociación de Productores de Cacao del Asíntal-) y las entidades productoras de cacao en el área (Centro Agronómico Tropical Bulbuxyá “CATBUL” –Propiedad de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala- y el Grupo Gestor Túneco), se formule un manejo integrado de enfermedades y producción del cultivo de cacao.
- Al momento de obtener un manejo integrado de enfermedades y producción del cultivo de cacao se establezcan parcelas demostrativas, para que los pequeños productores del área se den cuenta de lo mucho que pueden llegar a producir en sus pequeñas áreas con un buen manejo integrado, esto para que la producción de cacao tome mayor énfasis y los productores ya no tengan la necesidad de salir de sus áreas para aumentar sus ingresos.
- Se recomienda a los directivos de las Asociaciones Productoras de Cacao del área (ASECAN y APROCA) elaborar Proyectos Económicos que tengan como objetivo principal reunir la producción de cacao de los productores de los departamentos de Suchitepéquez y Retalhuleu, para que de esta forma se tenga un alto volumen de producto y se puedan tener canales directos de comercialización con las empresas finales y así no depender del valor de comercialización dado por los intermediarios (ya que éstos son muy bajos) y conseguir con esto un mejor valor por quintal de producto comercializado.

**1.4 Servicio No. 3: Producción de plantas injertadas de cacao (*Theobroma cacao* L.), con materiales descendientes de jardines clonales de CATIE (Costa Rica) Y FHIA (Honduras), en el vivero del centro de Agricultura Tropical, Bulbuxyá (CATBUL), de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en San Miguel Panán, Suchitepéquez.**

#### 1.4.1 Objetivos

##### A. General

- Producir un total de 4,500 plantas injertadas de cacao (*Theobroma cacao* L.), para el establecimiento de tres Jardines Clonales y un Ensayo Multilocal.

##### B. Específicos

- Establecer dos jardines clonales en las instalaciones del CATBUL y un jardín clonal en terrenos de la Asociación de Productores de Cacao del Asíntal, Retalhuleu (APROCA), con seis diferentes clones: CATIE-R1, CATIE-R4, CATIE-R-6, PMCT-58, ICS-95 y CC-137.
- Establecer un Ensayo Multilocal en las instalaciones del CATBUL, con 28 diferentes clones.

## 1.4.2 Metodología

### A. Producción de porta-injertos

#### a. Descendencia de los materiales utilizados

Los porta-injertos o patrones utilizados para este proyecto fueron extraídos del Jardín Clonal del CATBUL, por medio de semilla botánica. La cual era colectada en su etapa de madurez fisiológica por medio del personal de campo encargado del jardín (dos mujeres que realizan la polinización artificial para la obtención de clones).

Los clones utilizados como patrones para este proyecto fueron:

- i. SPA-9
- ii. SCA-12
- iii. IMC-67
- iv. UF-613

Los cuales fueron recomendados por el personal científico del Centro de Agronomía Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) Costa Rica.

#### b. Lavado y pre-germinado de la semilla de cacao

Luego de recolectar el fruto en campo (mazorca), la semilla era lavada (con el objetivo de eliminar totalmente el mucílago y de esta forma evitar la fermentación de la misma y así no perder semilla por muerte del embrión) con aserrín y agua (en este proceso se evita que el aserrín a utilizar provenga de maderas oscuras –con alto contenido de taninos, ejemplo: Maderas provenientes de caoba- ya que experiencias indican que el uso de aserrín de estas maderas reducen fuertemente el porcentaje de germinación de la semilla de cacao), posteriormente esta semilla era sumergida en una solución de agua con Antracol (fungicida –para evitar problemas de mal de talluelo-), y luego era colocada en un sustrato de aserrín humedecido por tres días (proceso de pre-germinación), con el objetivo que al momento de sembrar la semilla en la bolsa el personal de campo supiera que extremo de la semilla iba hacia abajo y así evitar el fenómeno denominado cola de coche en la raíz (fenómeno que reduce el porcentaje de germinación, ya que al momento de que se



presente la radícula es expuesta al sol directo y provoca serias quemaduras que provoca la muerte de la misma.

c. Siembra de los materiales a utilizar como porta-injertos

Para este proceso fue necesario la preparación del sustrato el cual era constituido por una relación 3:1 (tierra: arena), con el objetivo de darle sostén y drenaje al mismo, la tierra utilizada fue recolectada de las áreas de producción de cacao del CATBUL (para proveerle nutrientes presentes en el suelo debido a la descomposición de hojas, ramas y frutos tanto de árboles de cacao como de árboles de sombra).

Luego que el sustrato era preparado, se procedía a realizar el llenado de bolsas, especiales para el tiempo que la plántula estaba en el vivero (seis meses). Las bolsas que eran llenadas se colocaban en filas de hileras dobles (para obtener penetración de luz y aireación), en donde eran colocadas las semillas pre-germinadas.

d. Manejo de las plántulas en vivero

El manejo en vivero que se les dio a las plantas porta-injerto, consistió en el riego (el cual era suministrado cada dos días, con el objetivo de mojar el sustrato hasta saturarlo de agua), limpias de malezas tanto de la bolsa (que sostenía el porta-injerto) como dentro de las filas de bolsas (una vez por semana), fertilización (foliar y granulada) y prevención de enfermedades y plagas.

Cuadro 21. Agro-químicos utilizados durante el manejo de las plántulas en el vivero

<b>Agro-químico</b>	<b>Tipo</b>	<b>Dosis</b>	<b>Forma de aplicación</b>	<b>Frecuencia de aplicación</b>
Solu-feed	Fertilizante	5 lbs/tonel	Tronqueado	Cada 15 días
Multi-feed	Fertilizante	5 lbs/tonel	Al follaje	Cada 7 días
Cobre	Fungicida	3 medidas bayer/bomba	Al follaje	Cada 7 días

Folpán	Fungicida	2 medidas bayer/bomba	Al follaje	Cada 7 días
Derosal	Fungicida	1 medida bayer/bomba	Al follaje	Cada 7 días
Previcur	Fungicida	1 medida bayer/bomba	Al follaje	Cada 7 días
Pegamax	Adherente	½ medida bayer/bomba	Al follaje	
Malathion	Insecticida	3 medidas bayer/bomba	Al follaje	Cada 7 días

En el caso de los fungicidas (Cobre, Folpán, Derosal y Previcur) eran alternados cada mes y medio de aplicación (cada seis aplicaciones), con el objetivo de evitar que los microorganismos biológicos cobren resistencia sobre los productos mencionados anteriormente.

## B. Producción de plantas injertadas

### a. Injertación de los materiales importados por CATIE

Cuando las plántulas producidas para porta-injertos poseían un promedio de 0.8 cm de diámetro (diámetro tomado por debajo de la cicatriz de los cotiledones –indicado para realizar el injerto convencional en el cultivo de cacao en el área de Guatemala-), se procedía a realizar el pedido de vareta a los jardines clonales ubicados en CATIE (Costa Rica) y FHIA (Honduras), las cuales eran enviadas 15 días después de realizar dicho pedido.

La injertación fue realizada por personal de campo de la comunidad de Cahabón, Cobán y el Asíntal, Retalhuleu. El injerto fue sellado con material parafilm y también se agregó cera líquida de candela (con el objetivo de evitar la entrada de humedad del exterior) utilizando un pincel y colocando la solución en los extremos del vendaje.

#### b. Identificación del material injertado

Para este proceso fue necesario la utilización de cintas plásticas de seis colores diferentes (un color por clon –CATIE-R1 amarillo, CATIE-R4 café, CATIE-R6 rojo, ICS-95 verde, PMCT-58 blanco y CC-137 azul), en donde era colocado el nombre del clon, el nombre del patrón utilizado y la fecha de injertación.

#### c. Desvende y Decapitado del patrón

El proceso de desvende (eliminación del vendaje de la injertación) fue realizado a los 15 días de haber realizado la injertación. Conjuntamente con este proceso era realizado el despunte o decapitado del patrón, eliminando la parte de crecimiento apical de la planta porta-injerto. A los 15 días de haber realizado el desvende se procedía a eliminar otra parte del patrón (ahora dejando solamente de tres a cuatro hojas), luego se procedió a eliminar completamente la parte aérea del patrón, cuando el injerto poseía un promedio de tres ó cuatro hojas verdaderas (dejando únicamente 5 cm por encima del injerto –esto para evitar la pudrición de la parte inferior del patrón, donde se encuentra ubicado el injerto-) en donde se colocó un mezcla de fungicida con pintura de aceite (para evitar la pudrición) –esto por recomendaciones del personal encargado del proyecto a nivel de CATIE-Guatemala-.

## 1.4.3 Resultados

Cuadro 22. Cantidad de plantas injertadas producidas durante un año de manejo e injertación de patrones

CLONES	CATIE-R1	CATIE-R4	CATIE-R6	ICS-95	PMCT-58	CC-137	<b>TOTAL</b>
Porta-injertos							
SPA-9	78	66	40	80	50	44	358
SCA-12	110	100	76	110	90	14	500
IMC-67	98	58	42	78	70	30	376
UF-613	10	0	0	54	44	0	108
<b>TOTAL</b>	296	224	158	322	254	88	<b>1342</b>

Cuadro 23. Indicadores de los procesos de injertación para obtener el cuadro anterior

No. Injertación	Plantas disponibles para injertar	Varetas utilizadas (5 yemas/vareta)	No. injertos realizados	Porcentaje de pegue/injertación	No. plantas con parche pegado
Primera	3741	600	2636	67.28%	1774
Segunda	1800	400	1800	51.72%	931

Según los datos mostrados en las tablas anteriores se observa que se realizaron dos procesos de injertación, de los cuales se obtuvo un porcentaje de pegue promedio de 59.5% (2705 parches pegados de un total de 4436 injertos realizados), la pérdida del 40.5% (1731) que se dio durante el proceso de injertación hasta el desvende, fue ocasionado debido a la técnica de injertación (la herida que se le ocasionaba al porta-injerto era mayor al tamaño del parche que contenía la yema), el proceso de riego (ya que la presión con la que se le aplicaba el agua de riego a la bolsa era muy alta la cual mojaba el lugar donde se tenía el vendaje y mojaba de esta manera el parche lo cual ocasionaba la pudrición del parche).

De acuerdo a datos anteriores se dice que se obtuvo un porcentaje de pérdida de yemas de 11.28% (564 yemas -113 varetas-), lo cual se dio debido a que el material vegetativo (varetas) que provenía de CATIE-Costa Rica, poseían una edad fisiológica menor a la del porta-injerto (el material vegetativo enviada por CATIE era apropiado para una Micro-injertación e injertación temprana –y no para la injertación convencional que se utiliza en el área-, tipos de injertación de las cuales no se manejan las técnicas en el área del Sur-Occidente de Guatemala).

Según los datos obtenidos se tuvo una pérdida del 50.38% (1363 plantas muertas) del total de parches pegados, esto debido al ataque de *Phytophthora* spp. y Antracnosis presentado en las hojas verdaderas de los injertos a los 2 meses del desvende, ya que el tipo de riego utilizado en el vivero de la Finca Bulbuxyá, posee mucha fuga lo que ocasiona que se presente un alto porcentaje de humedad dentro de las filas del vivero.

#### 1.4.4 Conclusiones

- Se produjo únicamente el 30% (1,342) de total de plantas requeridas para el proceso de implementación de tres Jardines Clonales y un Jardín Multilocal.
- Del total de plantas injertadas producidas (1342), el 50% (671 plantas injertadas) fue entregadas a la Asociación de Productores de Cacao del Asíntal, Retalhuleu (APROCA) debido al convenio realizado al momento de dar inicio al proyecto (el otro 50% quedo en el vivero de la Finca Bulbuxyá), logrando producir un 30.19% del total de 2222 plantas necesarias para el establecimiento de dos Jardines Clonales en la Finca Bulbuxyá (1111 plantas/Jardín Clonal) y un 60.4% del total de 1111 plantas necesarias para el establecimiento de un Jardín Clonal (1 ha) en las instalaciones de APROCA.
- En el caso del Ensayo Multilocal no se obtuvo algún adelanto, debido a la falta de porta-injertos necesarios para el proceso de injertación, ya que se obtuvo una pérdida de porta-injerto dado por una intoxicación por exceso de fertilizante, durante el proceso de desarrollo de las plántulas en vivero.

#### 1.4.5 Recomendaciones

- Se recomienda al personal administrativo de la Finca Bulbuxyá, mejorar las condiciones del sistema de riego, utilizando una menor presión del agua o ya sea modificando la salida de la manguera utilizada para disminuir el caudal y de esta forma evitar salpicaduras hacia las hojas, corrientes de agua dentro de las bolsas de sustrato y alta humedad en la región del injerto.
- Antes de realizar el pedido de vareta para el proceso de injertación, determinar el diámetro de tallo de las plántulas a utilizar como porta-injerto y de esta forma evitar problemas de pérdida de varetas o pérdidas de parches injertados por la diferencia de edad fisiológica del porta-injerto y la yema enviada por CATIE-Costa Rica.

- Al personal Administrativo de la Finca Bulbuxyá, crear un proyecto con personal de campo de la Finca y personal externo a la misma, que trate sobre la capacitación de injertación por los métodos de Micro-injertación e Injertación Temprana y de esta forma obtener en una de las zonas productivas de cacao (Sur-Occidente de Guatemala) un fuerte grupo de personas competitivas en el tema de Injertación.