



Reporte de Mediciones del año 2004



Estimación del Contenido de Carbono en Bosques del Altiplano Occidental

Reporte elaborado por:
Dr. Edwin Castallenos, UVG
M.Sc. Claudia Flores, CARE

Guatemala, Marzo del 2006

Resumen Ejecutivo

Uno de los problemas ambientales actuales más severos es el cambio climático global asociado al aumento potencial de la temperatura superficial del planeta. Una opción para contrarrestar este problema es la disminución de la emisión de los gases efecto invernadero a la atmósfera a través de su fijación y almacenamiento por medio del crecimiento de árboles y conservación de bosques.

A partir de esta premisa CARE y Applied Energy Services AES firmaron un Memorandum para apoyar intervenciones que conllevan la fijación y almacenamiento de 5.2 millones de toneladas de carbono en un período de diez años en el altiplano occidental de Guatemala a través del proyecto Manejo Integrado de Bosques MIBOSQUE, proyecto que ha sido implementado en asocio con municipalidades, INAB, Cuerpo de Paz, universidades y organizaciones locales.

Para determinar el impacto de las acciones del Proyecto MIBOSQUE en la fijación y almacenamiento de carbono en los bosques comunales y municipales del área de acción del proyecto, se suscribió un convenio de cooperación interinstitucional entre la Universidad del Valle de Guatemala y CARE para implementar un sistema de monitoreo que incluye la sistematización de la información y cálculo de tasas de fijación de carbono de los bosques en donde se ha trabajado conjuntamente con las oficinas forestales municipales.

El presente estudio se realizó en 18 bosques con un área total de 2,458.6 ha de los departamentos de Quetzaltenango, San Marcos, Totonicapán y Huehuetenango, distribuidos en 9 municipios en donde se consideró la anuencia comunal y municipal para la ejecución del mismo. El diseño de la medición de carbono lo realizaron los asistentes técnicos del proyecto MIBOSQUE con el apoyo de especialistas de la Universidad del Valle por cada uno de los bosques seleccionados; la toma de datos en campo e ingreso de datos al software CARFOR se realizó conjuntamente con los equipos técnicos de las Oficinas Forestales Municipales. El análisis de muestras de laboratorio se llevó a cabo en los laboratorios de la Universidad del Valle de Guatemala, y la generación del informe final del estudio estuvo a cargo de personal de Universidad del Valle y CARE.

El contenido total de carbono de los bosques trabajados fue de 801,544 toneladas de carbono almacenadas en sus estratos arriba del suelo, teniendo una densidad promedio de contenido de carbono de 326 toneladas de carbono por hectárea, lo que permite inferir que son bosques maduros en buen estado de conservación. Además del almacenamiento y fijación de carbono, los 18 bosques bajo estudio contribuyen a la regularización de los recursos hídricos y guardan una alta biodiversidad por la preservación de diversas especies manteniendo una belleza escénica propia del altiplano occidental de Guatemala, lo que le da un valor agregado al contenido de carbono.

Con este estudio se finaliza la primera fase del monitoreo de carbono, teniendo previsto hacer las mediciones en 43 bosques en un área aproximada de 8,145ha para los años siguientes de implementación del proyecto MIBOSQUE.

Contenido

1. Introducción.....	1
2. Metodología.....	2
2.1. Descripción general biogeografica del altiplano occidental.....	2
2.2. Selección de sitios.....	3
2.2.1 Descripción de sitios seleccionados.....	4
2.3. Proceso de mapeo y selección de lugares de muestreo.....	5
2.4. Materiales y equipo utilizado.....	5
2.5. Diseño de la medición del carbono según tipo de bosques.....	6
2.6. Software para cuantificar la captura de carbono.....	6
2.7. Ejecución de la medición de captura de carbono en los bosques comunales y municipales.....	6
2.7.1. Inventario forestal.....	6
2.7.2 Muestreo de biomasa y carbono.....	8
2.7.3. Análisis de muestras en laboratorio para estimación de biomasa y carbono.....	8
3. Resultados.....	10
4. Conclusiones y Recomendaciones.....	33
5. Literatura citada.....	34
6. Apéndices	

Indice de Tablas y Figuras

Tabla 1	Descripción de los bosques muestreados con fines de monitoreo de carbono para el año 2004.....	4
Tabla 2	Resultados de contenido de carbono por parcela en el bosque el Bojonal, Municipio de Sipacapa, Departamento de San Marcos	11
Tabla 3	Resultados de contenido de carbono por parcela en el bosque Chalanchac, Municipio de Tejutla, Departamento de San Marcos	12
Tabla 4	Resultados de contenido de carbono por parcela en el bosque Guadalupe, Municipio de San José Ojetenam, Departamento de San Marcos	13
Tabla 5	Resultados de contenido de carbono por parcela en el bosque Las Ventanas, Municipio de San José Ojetenam, Departamento de San Marcos	14
Tabla 6	Resultados de contenido de carbono por parcela en el bosque Caxaj, Municipio de Totonicapán, Departamento de Totonicapán	15
Tabla 7	Resultados de contenido de carbono por parcela en el bosque Chuamazán, Municipio de Totonicapán, Departamento de Totonicapán	16
Tabla 8	Resultados de contenido de carbono por parcela en el bosque El Rancho, Municipio de Santa María Chiquimula, Departamento de Totonicapán	17
Tabla 9	Resultados de contenido de carbono por parcela en el bosque de Tax, Municipio de Totonicapán, Departamento de Totonicapán	18
Tabla 10	Resultados de contenido de carbono por parcela en el bosque de Xesaná, Municipio de Santa María Chiquimula, departamento de Totonicapán.....	19
Tabla 11	Resultados de contenido de carbono por parcela en el bosque Cebollín, Municipio de Cabricán, Departamento de Quetzaltenango.....	21

Tabla 12	
Resultados de contenido de carbono por parcela en el bosque Empalizada, Municipio de Huitán, Departamento de Quetzaltenango	22
Tabla 13	
Resultados de contenido de carbono por parcela en el bosque Ojo de Agua, Municipio de Cabricán, Departamento de Quetzaltenango	23
Tabla 14	
Resultados de contenido de carbono por parcela en el bosque de Txemuj, Municipio de Huitán, Departamento de Quetzaltenango	24
Tabla 15	
Resultados de contenido de carbono por parcela en el bosque de Xacaná, Municipio de Cabricán, Departamento de Quetzaltenango	25
Tabla 16	
Resultados de contenido de carbono por parcela en el bosque el Ceñido, Municipio de Tectitán, Departamento de Huehuetenango	26
Tabla 17	
Resultados de contenido de carbono por parcela en el bosque Cheosh, Municipio de Tectitán, Departamento de Huehuetenango	27
Tabla 18	
Resultados de contenido de carbono por parcela en el bosque Chiquililá, Municipio de San Ildefonso Ixtahuacán, Departamento de Huehuetenango	28
Tabla 19	
Resultados de contenido de carbono por parcela en el bosque Pozo de Piedra, Municipio de San Ildefonso Ixtahuacán, Departamento de Huehuetenango	29
Tabla 20	
Resumen de principales resultados para los bosques incluidos en este Estudio	30
Figura 1	
Modelo de unidad de muestreo para el registro de variables en la medición de carbono	7

Indice de apéndices

Apéndice 1

Mapas de ubicación de bosques muestreados para medición de contenido de carbono.

Apéndice 2

Boleta utilizada en el muestreo para toma de datos en campo

Apéndice 3

Menú principal del Software CARFOR y fórmulas utilizadas en el CARFOR

Apéndice 4

Personal que intervino en el estudio “Estimación del contenido de carbono en bosques del altiplano occidental, Reporte de mediciones del año 2004”

1. INTRODUCCIÓN

La presión sobre los recursos naturales de Guatemala, particularmente el recurso bosque ha aumentado drásticamente en los últimos años debido al incremento de la población y al aumento de los niveles de pobreza y pobreza extrema, principalmente en las regiones rurales del occidente del país. La comercialización de créditos de carbono para mitigar el incremento del CO₂ atmosférico ha abierto una nueva posibilidad de proveer recursos financieros a comunidades empobrecidas a cambio de conservar y manejar adecuadamente sus recursos forestales como sumideros importantes de carbono.

Los proyectos forestales de fijación de carbono pueden contribuir a beneficiar significativamente a las comunidades locales mediante la diversificación de sus ingresos, mejorando la productividad de la tierra, así como generando un valor al bosque como servicio ambiental de fijación de carbono, recursos hídricos, biodiversidad y belleza escénica. Por tanto para poder reclamar beneficio económico a cambio de servicio ambiental, será necesario medir la cantidad de carbono almacenado por las actividades de un proyecto y comparar las cifras con lo que se hubiese fijado en ausencia del proyecto.

Actualmente, CARE está desarrollando una cuantificación de carbono en 18 bosques comunales y municipales ubicados en los departamentos de Quetzaltenango, Totonicapán, San Marcos y Huehuetenango, financiados por el Proyecto Manejo Integrado de Bosques MIBOSQUE con el aporte de la Empresa Applied Energy Services AES de Estados Unidos y otros fondos administrados por CARE Internacional en Guatemala. El proyecto se está ejecutando con la asesoría técnica del Centro de Estudios Ambientales de la Universidad del Valle de Guatemala.

El proyecto MIBOSQUE se formula en seguimiento al Proyecto Agroforestal (PAF) que CARE implementó en Guatemala desde el año de 1974 hasta el año 1999, el cual contribuyó a propiciar el desarrollo agroforestal comunitario como una alternativa de manejo apropiado de los recursos naturales.

Los resultados del proyecto Agroforestal permitieron que en el año de 1999 la empresa AES se interesará en financiar el proyecto MIBOSQUE, el cual fue seleccionado por su potencial de compensar cantidades significativas de emisiones de carbono, el apoyo y participación local, la habilidad de atraer fondos adicionales, y la experiencia de implementación de la organización. Se firmó un Memorandum de Acuerdo con CARE para un período de diez años a partir del año 2000 al año 2009 en donde se tiene como meta realizar acciones que permitan la fijación y almacenamiento de carbono a través de actividades agroforestales. La meta de fijación y almacenamiento de carbono es de 5.2 millones de toneladas de carbono.

El Proyecto MIBOSQUE esta implementado por CARE y las municipalidades a través de una relación de asocio, además se cuenta con la colaboración del INAB, Cuerpo de Paz y otras organizaciones locales. Los objetivos del Proyecto tienen como finalidad mejorar el nivel de vida de los pobladores mediante el incremento y mejora de sus ingresos económicos por el manejo sostenible de sus recursos naturales y los servicios ambientales de proyectos de captura de carbono, entre otros; así como el fortalecimiento del gobierno local a través del trabajo en asocio e implementación y fortalecimiento de las Oficinas Forestales Municipales OFM.

Para determinar el impacto de las acciones del Proyecto MIBOSQUE en la fijación y almacenamiento de carbono en los bosques comunales y municipales del área de acción del proyecto se suscribió un convenio de cooperación interinstitucional entre la Universidad del Valle de Guatemala a través del Centro de Estudios Ambientales CEA, Laboratorio SIG y Sensores Remotos y CARE para implementar un sistema de monitoreo de la fijación y almacenamiento de carbono. El convenio incluye el desarrollo de un programa de computadora (software) denominado CARFOR para la sistematización de la información de monitoreo y cálculo de las tasas de fijación de carbono de los bosques que han recibido apoyo por parte de las oficinas forestales del área de cobertura del proyecto.

Además, la Universidad del Valle brinda asesoría técnica, capacitación, acompañamiento al personal del proyecto y de las oficinas forestales municipales para el diseño e implementación del monitoreo de carbono. Ofrece también la disponibilidad de servicio de laboratorio para el procesamiento de las muestras que incluye el monitoreo de carbono.

Una parte importante del monitoreo de carbono y su validación es trasladar la metodología y software (CARFOR) a los gobiernos locales como una herramienta para valorizar y cuantificar los recursos naturales de su jurisdicción e ingresar en un futuro al pago por servicios ambientales de una forma directa.

2. METODOLOGIA

2.1. DESCRIPCION GENERAL BIOGEOGRAFICA DEL ALTIPLANO OCCIDENTAL

El altiplano occidental, es la región ubicada al oeste de la República de Guatemala, en un territorio que cubre el 18% del territorio nacional, delimitado físicamente sobre los 1500 msnm., en los departamentos de Chimaltenango, Sololá, El Quiché, Huehuetenango, Quetzaltenango, San Marcos y Totonicapán. La fisiografía corresponde a las tierras altas volcánicas, así como a la pendiente volcánica reciente y las tierras altas cristalinas, que determinan relieves de ladera, con algunos pequeños valles intermontanos.

En el altiplano predominan las zonas de vida del bosque húmedo y muy húmedo montano, que por sus características de altura, clima y relieve, pueden ser catalogados como ecosistemas de altura, con una diversidad biológica típica del lugar. Por su ubicación el altiplano tiene importancia estratégica, pues allí se ubican las cabeceras de cuatro cuencas hidrográficas importantes, que cumplen funciones esenciales en la regulación del ciclo del agua.

La vocación productiva del área es en su mayoría forestal, considerando la profundidad e inclinación de suelos; sin embargo, el minifundismo, el crecimiento poblacional y la falta de acceso a mejores tierras, han conducido al cambio en el uso de la tierra, en donde los bosques han sido sustituidos por la agricultura, especialmente en zonas de ladera.

El minifundismo que prevalece, es consecuencia de la política de concentración agraria en pocas manos iniciada desde la colonia y en la época liberal a finales de siglo pasado. Ello provocó la reducción de los territorios indígenas y la concentración de la población en áreas generalmente marginales. El 40 por ciento de todas las fincas del país se ubican en el altiplano occidental, y casi el 95% de ellas tiene extensiones menores de 7 has.

Esta presión social se magnifica porque en estos lugares vive el 30% de la población del país. La falta de oportunidades de empleo, los bajos ingresos, la fragmentación del minifundio y su escasa productividad explican la pobreza y extrema pobreza en el área, que afecta esencialmente a los sectores rurales campesinos y restringe su participación en los procesos de desarrollo.

2.2. SELECCION DE SITIOS

El Proyecto MIBOSQUE constituye una iniciativa para fortalecer el desarrollo rural en el Altiplano Occidental de Guatemala, a partir del manejo sostenible de los recursos naturales, en especial aquellos que provienen de los sistemas forestales y agroforestales, en 11 municipios de 4 departamentos: Totonicapán, Quetzaltenango, San Marcos y Huehuetenango.

El área en mención se seleccionó en base a las condiciones de pobreza y extrema pobreza que afecta a la población y por la degradación de los recursos naturales que se genera por la presión social sobre los mismos como consecuencia de la misma pobreza y exclusión social. No obstante, el área presenta una potencialidad para el desarrollo de los recursos naturales que se manifiesta en los remanentes de bosques comunales y municipales, la producción hidrológica derivada del posicionamiento en cabecera de cuencas, las condiciones climáticas, la vocación de los suelos para la producción forestal y agroforestal, el interés municipal, pero especialmente la fortaleza de sus instituciones sociales que funcionan a nivel local y municipal.

2.2.1. DESCRIPCION DE SITIOS SELECCIONADOS

Los bosques seleccionados en los cuatro departamentos de influencia de cobertura del proyecto MIBOSQUE para este estudio se resumen en la tabla que se presenta a continuación.

Tabla 1:

Descripción de los bosques muestreados con fines de monitoreo de Carbono para el año 2004

No	Departamento	Municipio	Comunidad	Bosque	Tipo de Tenencia
1	Huehuetenango	San Ildefonso Ixtahuacán	Aldea Chiquililá	Chiquililá	Comunal
2	Huehuetenango	San Ildefonso Ixtahuacán	Aldea Pozo de piedra	Pozo de Piedra	Comunal
3	Huehuetenango	Tectitán	Aldea la Ceñidura	El Ceñido	Comunal
4	Huehuetenango	Tectitán	Aldea Cheosh	Cheosh	Municipal
5	Quetzaltenango	Cabricán	Aldea las Ciénagas	Ojo de Agua	Municipal
6	Quetzaltenango	Cabricán	Aldea Xacaná Chiquito	Xacana Chiquito	Municipal
7	Quetzaltenango	Cabricán	Aldea las Ventanas	El Cebollín	Municipal
8	Quetzaltenango	Huitán	Aldea Paxoj	Txemuaj	Municipal
9	Quetzaltenango	Huitán	Aldea la Empalizada	La Empalizada	Municipal
10	San Marcos	San José Ojetenam	Aldea Esquipulas	Las Ventanas	Municipal
11	San Marcos	San José Ojetenam	Cantón Guadalupe	Guadalupe	Municipal
12	San Marcos	Sipacapa	Aldea Canoaj	Bojonal	Municipal
13	San Marcos	Tejutla	Aldea Chalanchac	Chalanchac	Comunal
14	Totonicapán	Santa María Chiquimula	Aldea Xesaná	Xesaná	Comunal
15	Totonicapán	Santa María Chiquimula	Aldea el Rancho	El Rancho	Comunal
16	Totonicapán	Totonicapán	Parcialidad Tax	Tax	Parcialidad
17	Totonicapán	Totonicapán	Cantón Chuamazán	Chuamazán	Comunal
18	Totonicapán	Totonicapán	Parcialidad Caxaj	Caxaj	Parcialidad

¹ Tipo de tenencia: Bosque comunal se refiere a los bosques administrados por una o varias comunidades. Bosque municipal constituye un área bajo administración municipal, aunque los beneficiarios sean personas de una o más comunidades. Parcialidad es una propiedad a nombre de un núcleo familiar.

2.3. PROCESO DE MAPEO Y SELECCION DE LUGARES DE MUESTREO

Se realizó la medición de los bosques comunales y municipales de los once municipios que atiende el proyecto MIBOSQUE, a través de los equipos de oficinas forestales municipales, quienes identificaron los bosques comunales y municipales. A partir de la identificación se inició un proceso de promoción a nivel municipal y comunal en cuanto a la importancia de definir límites, calcular el área de cada bosque. Se utilizaron aparatos de geoposicionamiento y programa SIG para cuantificar las áreas de interés.

De los bosques medidos se seleccionaron 18 bosques distribuidos en 9 municipios; los factores principales considerados fueron la anuencia comunal y/o municipal y su importancia para el municipio.

Para cada bosque se aplicó un muestreo que varió de 0.1% a 0.75% del total del área según la superficie de cada bosque. Se utilizaron parcelas rectangulares de 250 m² distribuidos al azar en cada bosque con el propósito de estimar la masa boscosa y el stock de carbono.

2.4. MATERIALES Y EQUIPO UTILIZADO

- Material cartográfico (fotografías aéreas, hojas cartográficas, imágenes satelares)
- Software especializados (ARC GIS 8.2, SAS, entre otros)
- Brújulas
- Hipsómetros
- Cintas diamétricas
- Cilindros para muestreo de suelos
- Balanzas de precisión
- Tijeras de podar
- Etiquetas
- Bolsas de papel
- Reactivos para laboratorio
- Plotter y suministros
- Sistema de geoposicionamiento global (GPS)
- Clinómetros
- Cintas métricas
- Vernier (calibrador)
- Balanzas de resorte
- Sierras de arco
- Bolsas de nylon
- Horno de convección
- Recipientes plásticos para secado de muestras
- Crisoles para mufla

2.5. DISEÑO DE LA MEDICIÓN DEL CARBONO SEGÚN TIPOS DE BOSQUES

La metodología adoptada para el presente proyecto es una conjunción de diferentes autores quienes han afinado las técnicas de muestreo a lo largo de los años dependiendo del nivel de detalle y de los recursos existentes, principalmente tiempo y economía. Es ejemplo de ellos los estudios realizados por Brown (1996), Brown *et al.* (1989), Márquez (s.f.), Lee (2002), Córdova (2002), Arreaga (2002), entre otros.

En general, la metodología consistió en obtener datos de campo de inventarios, peso y/o volumen de individuos para obtener un dato aproximado de biomasa por unidad de área a través del uso de ecuaciones de regresión propuestas en la literatura para Guatemala, con lo cual se necesitó únicamente los datos de DAP y altura del individuo así como el tipo de bosque (latifoliado o conífera), y para ello, el estudio se apoyó en criterios técnicos y estadísticos que validaron los datos con un nivel de significancia óptima.

2.6. SOFTWARE PARA CUANTIFICAR LA CAPTURA DE CARBONO

En los cálculos se utilizó el software CARFOR desarrollado por la Universidad del Valle de Guatemala con apoyo financiero de CARE.

2.7. EJECUCIÓN DE LA MEDICIÓN DE CAPTURA DE CARBONO EN LOS BOSQUES COMUNALES Y MUNICIPALES.

Los equipos técnicos de las oficinas municipales en conjunto con los equipos técnicos de campo del proyecto MIBOSQUE de CARE, ejecutaron jornadas de medición y captura de información de acuerdo al diseño de monitoreo a aplicar para cada bosque. La información capturada fue ingresada y procesada en el software diseñado para tal actividad y se generó los informes que arrojaron los datos de la medición de carbono.

A continuación se detallan las actividades realizadas en el inventario de carbono:

2.7.1. INVENTARIO FORESTAL

El objetivo del levantamiento de información dasométrica radica en la importancia de incorporar el total de clases diamétricas que posee el bosque, es decir, se pretendió considerar todas las edades del bosque como una forma de estimar con mayor precisión la densidad de carbono por unidad de área (brinzales, latizales y fustales). Adicionalmente se tomó en cuenta un factor de expansión de biomasa debido a que originalmente, en la toma de datos para realizar inventarios forestales, la biomasa foliar es despreciada y para inventarios de carbono este dato es imprescindible.

El tamaño de la muestra dependió de criterios como tamaño y variabilidad del bosque. La distribución de las parcelas fue al azar basándose en un mapa temático donde se identificó el área efectiva de bosque (área del proyecto). Dentro del área del proyecto se generaron puntos al azar usando una extensión del software ArcGis, el cual ubicó las coordenadas de las parcelas a medir a través de un geoposicionador global (GPS).

La parcela de inventario fue de forma rectangular, de 25 m de largo y 10 m de ancho (0.025 ha), pudiendo variar sus dimensiones dependiendo del factor de corrección por la pendiente del terreno. Su orientación dependió directamente del relieve con el fin de hacer un muestreo con la mayor representatividad posible. Del inventario forestal se obtuvieron las variables primarias: Diámetro a la altura del pecho (DAP) medido directamente a una altura de 1.30 m sobre el suelo; altura estimada total y comercial del individuo y nombre de la especie. Simultáneamente, se obtuvieron los datos generales de la unidad de muestreo según se muestra en la boleta de campo (vease apéndice). La figura 1 muestra el aspecto general de las unidades de muestreo para la medición de carbono.

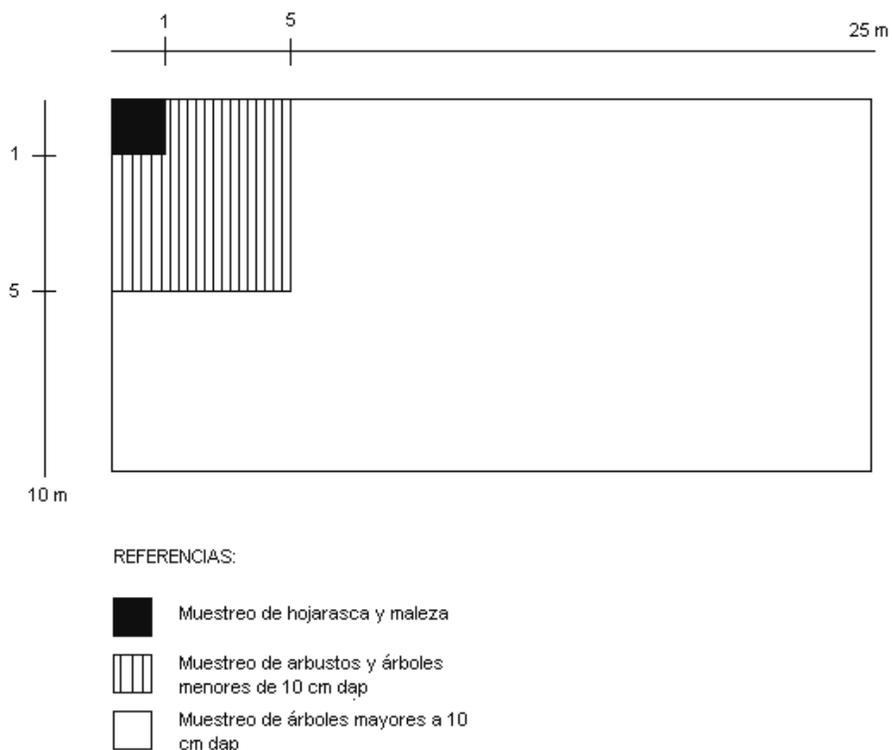


Figura 1. Modelo de unidad de muestreo para el registro de variables en la medición de carbono

El muestreo comprendió la incorporación de subparcelas anidadas dentro de la parcela grande de la siguiente forma: para el muestreo de fustales (individuos mayores a 10 cm dap) se utilizó la parcela de 10 X 25 m; para arbustos y latizales (individuos entre 1 y 9.9 cm dap) la parcela de 5 X 5 m y para el registro de maleza y brinzales (individuos con 0.3 m de diámetro y 1.5 m de altura) la parcela de 1 x 1 m.

2.7.2. MUESTREO DE BIOMASA Y CARBONO

Vegetación arbórea y arbustos

Dentro de cada subparcela, se seleccionó al azar de 2-3 individuos de arbustos que fueron tumbados con el fin de determinar su peso total en campo.

Para el caso de los individuos arbóreos principalmente para la especie de *Pinus*, se utilizaron las ecuaciones de biomasa genéricas especificadas por Brown (1996).

Maleza, hojarasca y suelo

En la parcela de 1 x 1 m, tuvo lugar el muestreo de maleza, hojarasca y suelo (Figura 1). Para el caso de la maleza y hojarasca, se colectó el total del material y fue pesado en campo. Este material fue homogenizado para seleccionar una submuestra para la estimación de la materia seca.

El muestreo del suelo se realizó en un punto seleccionado al azar dentro de la parcela pequeña y consistió en introducir en el suelo un cilindro con volumen conocido tratando de abarcar únicamente los 10 cm superficiales. Eventualmente se distinguió entre suelo mineral y suelo orgánico, dependiendo del detalle de los horizontes.

Por cada punto de muestreo de suelos, se colectó dentro del cilindro la muestra necesaria para la determinación de su densidad aparente y el análisis de laboratorio de materia orgánica y carbono orgánico.

2.7.3. ANÁLISIS DE MUESTRAS EN LABORATORIO PARA ESTIMACIÓN DE BIOMASA Y CARBONO

a) Materia seca

La determinación del porcentaje de materia seca en laboratorio consistió en someter las muestras a una temperatura de 50° C durante 24 horas en un horno de convección. Se

registró el peso antes y después del secado y su cociente constituyó la materia seca según la siguiente ecuación:

$$\%MS = PS/PH \times 100 \quad \text{(Ecuación 1)}$$

donde: %MS = materia seca de la muestra en porcentaje; PS = Peso seco de la muestra (g); PH = Peso húmedo de la muestra (g).

La conversión de peso en campo a biomasa estará dada por la ecuación 2 de la siguiente forma:

$$BT = PHc \times MS \quad \text{(Ecuación 2)}$$

Donde: BT = Biomasa (Kg.) de la hojarasca, maleza o árboles; PHc = Peso húmedo total registrado en campo (Kg.); MS = materia seca de la muestra .

b) Suelo

En el caso de la determinación de la densidad aparente, se secaron las muestras al ambiente durante 24 horas. Posteriormente se registró su peso en laboratorio para que junto al volumen ya determinado del cilindro, se obtuviera el valor requerido (ecuación 5).

$$D.ap. = PSH / Vol \quad \text{(Ecuación 3)}$$

Donde: D.ap. = Densidad aparente del suelo (g/cc); PSH = Peso seco (g); Vol = Volumen del cilindro (cc).

En lo referente a la determinación del contenido de materia orgánica y carbono orgánico de las muestras de suelo, se procedió a analizarlas en el laboratorio de la Universidad del Valle de Guatemala, utilizando el método estándar de Wakley-Black.

Finalmente, la ecuación a utilizar para obtener los datos de carbono en el suelo fue la siguiente:

$$Cs = Prof. \times D.ap. \times \%C.O. \quad \text{(Ecuación 4)}$$

Donde: Cs = Carbono total en el suelo en los primeros 10 cm de suelo (T); Prof. = Profundidad del muestreo (cm); D.ap. = Densidad aparente (g/cm³); %C.O. = Contenido de carbono orgánico en el suelo.

c) Fracción de carbono

Del total de muestras de hojarasca colectadas en campo, se seleccionó al azar una proporción para la estimación de la fracción de carbono respecto a la biomasa total seca con el fin de constatar el dato de literatura (FC = 0.5).

3. RESULTADOS

Se presentan en las siguientes tablas los resultados individuales para cada uno de los 18 bosques muestreados y a continuación, una tabla de resumen de los principales resultados para cada uno de estos bosques. Esta tabla muestra adicionalmente los resultados globales para todos los bosques incluidos en este estudio.

Tabla 2:
Resultados de contenido de carbono por parcela en el bosque El Bojonal,
Municipio de Sipacapa, San Marcos

BOSQUE: El Bojonal						
AREA: 134.00 ha				Calculado: 17/01/2006		
ESTRATO: 1						
	Arboles	Arbustos	Hojarasca	Maleza	Suelos	Total
	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha
PARCELA: 1	3.52	0.00	2.00			5.52
PARCELA: 2	32.14	1.70				33.83
PARCELA: 3	62.95	1.24	2.30		9.84	76.33
PARCELA: 4	76.16	0.07				76.23
PARCELA: 5	80.95	1.39				82.34
PARCELA: 6	64.63	2.75				67.38
PARCELA: 7	133.99	14.63		0.51	26.95	176.08
PARCELA: 8	92.02	3.59	1.56		27.8	124.97
PARCELA: 9	65.11	2.94			16.6	84.65
PARCELA: 10	51.24	5.58	3.04	1.43	9.7	70.98
PARCELA: 11	82.74	5.77		0.80	20.8	110.11
PARCELA: 12	48.56	7.89	0.60	1.33	17.7	76.09
PARCELA: 13	48.19	8.78	1.45		12.2	70.62
PARCELA: 14	110.51	11.77	0.82	0.35	28.5	151.95
PARCELA: 15	25.82	9.31	3.05	0.51	19.3	57.99
PARCELA: 16	67.01	15.37		0.24	21.8	104.41
PARCELA: 17	99.70	14.10			15.4	129.19
PARCELA: 18	68.10	10.47	2.95	0.45	30.5	112.47
PARCELA: 19	0.00	3.35	0.58		6	9.93
PARCELA: 20	23.65	7.75	1.53		17.2	50.13
PARCELA: 21	53.76	0.76	0.01		4.9	59.43
PARCELA: 22	50.36	3.35	2.72	1.27	12.4	70.10
PARCELA: 23	64.15	15.35		2.59	9.1	91.19
Promedio:	61.10	6.43	1.74	0.95	17.04	87.25
Desviación Estándar:	32.01	5.18	1.04	0.72	7.88	33.39
Carbono total para el bosque:		11,692	Toneladas de carbono (tC)			

Tabla 3:
Resultados de contenido de carbono por parcela en el bosque Chalanchac,
Municipio de Tejutla, San Marcos

BOSQUE: Chalanchac						
AREA: 20.30 ha			Calculado: 17/01/2006			
ESTRATO: 1						
	Arboles	Arbustos	Hojarasca	Maleza	Suelos	Total
	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha
PARCELA: 1	237.32	19.92	25.05	1.67	59.32	343.27
PARCELA: 2	123.34	9.34	5.17	1.69	70.31	209.85
PARCELA: 3	142.55	14.15	9.11	2.00	22.46	190.28
PARCELA: 4	343.02	0.74	35.29	1.54	25.31	405.89
PARCELA: 5	191.06	0.00	3.81	0.16	30.90	225.93
PARCELA: 6	37.48	9.10	94.62	0.56	38.26	180.03
Promedio:	179.13	8.87	28.84	1.27	41.09	259.21
Desviación Estándar:	104.79	7.68	34.52	0.73	19.46	112.30
Carbono total para el bosque:		5,262	Toneladas de carbono (tC)			

Tabla 4:
Resultados de contenido de carbono por parcela en el bosque Guadalupe,
Municipio de San José Ojetenam, Departamento de San Marcos

BOSQUE: Guadalupe						
AREA: 31.13 ha			Calculado: 17/1/06			
ESTRATO: 1						
	Arboles	Arbustos	Hojarasca	Maleza	Suelos	Total
	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha
PARCELA: 1	214.34	2.04			30.80	247.18
PARCELA: 2	133.64	0.02			20.10	153.76
PARCELA: 3	52.87	2.80	12.16	0.05	28.30	96.18
PARCELA: 4	228.05	2.09	2.29		19.40	251.84
PARCELA: 5	18.49	0.99	5.40	0.26	21.20	46.33
PARCELA: 6	71.94	0.86	9.13	0.37	20.00	102.30
PARCELA: 7	477.26	2.77	41.52	1.05	34.90	557.50
PARCELA: 9	292.76	0.05	0.02	0.00	31.90	324.72
PARCELA: 10	75.11	0.00	5.10	0.14	23.00	103.35
PARCELA: 11	84.00	1.03	5.10	0.14	26.30	116.57
PARCELA: 12	44.26	2.23	0.02	0.00	36.60	83.11
PARCELA: 13	139.52	2.18	4.67	0.06	14.10	160.54
Promedio:	152.69	1.42	8.54	0.23	25.55	188.43
Desviación Estándar:	132.11	1.06	12.17	0.33	7.01	132.86
Carbono total para el bosque:		5,866	Toneladas de carbono (tC)			

Tabla 5:
Resultados de contenido de carbono por parcela en el bosque Las Ventanas,
Municipio de San José Ojetenam, Departamento de San Marcos

BOSQUE: Ventanas						
AREA: 203.15 ha			Calculado: 17/1/06			
ESTRATO: 1						
	Arboles	Arbustos	Hojarasca	Maleza	Suelos	Total
	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha
PARCELA: 1	0.84	1.48	15.95	0.76	40.37	59.40
PARCELA: 2	7.90	3.18	10.43	3.43	23.68	48.62
PARCELA: 3	0.00	0.93		0.28	28.44	29.65
PARCELA: 5	0.00	0.43	3.67	0.63	41.70	46.44
PARCELA: 6	2.41	0.69	6.97	1.13	72.57	83.79
PARCELA: 7	0.00	1.00		0.40	15.46	16.86
PARCELA: 8	0.00	1.42		1.08	31.73	34.24
PARCELA: 9	63.44	5.83	103.45	0.27	65.37	238.36
PARCELA: 10	0.00	1.73	51.56	0.46	11.71	65.46
PARCELA: 11	71.43	3.93	1.88	1.06	36.22	114.53
PARCELA: 12	0.00	8.59	11.70	2.63	91.50	114.42
PARCELA: 13	278.65	24.82		0.16	82.21	385.84
PARCELA: 14	0.00	0.00	4.03	0.49	66.08	70.60
PARCELA: 15	391.06	15.62	21.17	1.18	52.64	481.67
PARCELA: 16	0.00	7.88	13.46	1.33	154.39	177.07
PARCELA: 17	67.23	23.62	3.17	0.24	36.73	130.99
PARCELA: 18	151.10	2.39	37.67	1.35	35.22	227.73
PARCELA: 19	0.00	6.02	1.03	0.66	67.81	75.52
PARCELA: 20	0.00	25.62	6.14	0.46	71.01	103.22
PARCELA: 21	191.55	40.35	31.28	0.40	21.12	284.71
PARCELA: 22	542.14	46.28	90.11	2.24	58.85	739.63
PARCELA: 23	251.22	9.86	18.26	1.46	15.26	296.06
Promedio:	91.77	10.53	24.00	1.00	50.91	178.22
Desviación Estándar:	150.48	13.36	29.81	0.84	32.68	157.42
Carbono total para el bosque:	36,205	Toneladas de carbono (tC)				

Tabla 6:
Resultados de contenido de carbono por parcela en el bosque Caxaj,
Municipio de Totonicapán, Departamento de Totonicapán

BOSQUE: Caxaj						
AREA: 79.10 ha				Calculado: 17/01/2006		
ESTRATO: 1						
	Arboles	Arbustos	Hojarasca	Maleza	Suelos	Total
	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha
PARCELA: 1	147.06					147.06
PARCELA: 3	185.84	0.47				186.31
PARCELA: 5	137.39	3.09				140.47
PARCELA: 13	81.87	5.71				87.58
PARCELA: 16	162.16					162.16
PARCELA: 21	173.64	9.32				182.96
PARCELA: 30	72.32					72.32
PARCELA: 32	42.19	2.11				44.30
PARCELA: 35	282.32	10.87				293.19
PARCELA: 36	116.21					116.21
PARCELA: 38	153.78	2.73				156.51
PARCELA: 48	58.86	0.25				59.11
PARCELA: 50	63.50					63.50
PARCELA: 51	198.78					198.78
PARCELA: 52	321.23	5.45				326.68
PARCELA: 53	181.58	0.38				181.96
Promedio:	148.67	4.04				152.71
Desviación Estándar:	78.14	3.74				78.23
Carbono total para el bosque:			12,079	Toneladas de carbono (tC)		

Tabla 7:
Resultados de contenido de carbono por parcela en el bosque Chuamazán,
Municipio de Totonicapán, Departamento de Totonicapán

BOSQUE: Chuamazán						
AREA: 85.09 ha			17/01/2006			
ESTRATO: 1						
	Arboles	Arbustos	Hojarasca	Maleza	Suelos	Total
	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha
PARCELA: 1	133.40	0.00	0.01	0.31	69.19	202.91
PARCELA: 2	44.07	8.62	9.96	0.04	88.48	151.18
PARCELA: 3	46.05	2.45	13.87	0.00	32.24	94.60
PARCELA: 4	161.70	6.27	9.81	0.12	70.82	248.72
PARCELA: 5	135.44	9.27	13.24	0.09	43.91	201.95
PARCELA: 6	101.61	2.48	17.20	0.03	53.45	174.77
PARCELA: 7	67.39	2.25	11.81	0.01	76.45	157.91
PARCELA: 8	333.47	4.30	19.57	0.02	80.12	437.49
PARCELA: 9	415.67	3.91	61.68	0.08	48.94	530.28
PARCELA: 10	445.01	15.60	7.22	0.22	88.65	556.71
PARCELA: 11	362.59	13.47	21.56	0.09	55.28	452.99
PARCELA: 12	126.30	10.86	20.55	0.14	66.49	224.33
PARCELA: 13	197.26	7.60	21.41	0.26	44.79	271.32
PARCELA: 14	131.35	5.55	27.50	1.35	53.81	219.55
PARCELA: 15	124.45	17.71	6.89	1.82	43.43	194.29
PARCELA: 16	255.02	112.13	27.27	0.06	38.97	433.46
PARCELA: 17	292.06	31.80	35.00	0.08	58.38	417.32
Promedio:	198.40	14.96	19.09	0.28	59.61	292.34
Desviación Estándar:	128.32	26.19	14.05	0.51	17.24	132.84
Carbono total para el bosque:		24,875	Toneladas de carbono (tC)			

Tabla 8:
Resultados de contenido de carbono por parcela en el bosque El Rancho,
Municipio de Santa María Chiquimula, Departamento de Totonicapán

BOSQUE: Rancho						
AREA: 29.19 ha			Calculado: 17/1/06			
ESTRATO: 1						
	Arboles	Arbustos	Hojarasca	Maleza	Suelos	Total
	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha
PARCELA: 1	42.12	0.28	7.83	0.12	9.94	60.29
PARCELA: 2	22.99	22.33	0.85	1.61	4.61	52.39
PARCELA: 3	38.89	5.30	2.22	0.17		46.58
PARCELA: 4	24.07	12.80	0.81	0.23	42.59	80.49
PARCELA: 5	47.92	8.51	1.98	0.46		58.87
PARCELA: 6	22.09	12.58	4.74	4.62		44.03
PARCELA: 7	3.21	11.57	9.13	1.00	26.54	51.44
PARCELA: 8	4.18	31.32	4.34	0.70		40.54
PARCELA: 9	28.72	24.25	2.77	0.09		55.84
PARCELA: 10	18.76	17.27	3.38	0.37	38.33	78.11
PARCELA: 11	19.52	8.13	2.96	0.54		31.15
PARCELA: 12	27.47	5.04	3.41	0.08	6.58	42.57
PARCELA: 13	7.83	12.41	3.33	0.56	36.93	61.06
Promedio:	23.67	13.21	3.67	0.81	23.64	65.02
Desviación Estándar:	13.83	8.65	2.44	1.22	16.33	23.24
Carbono total para el bosque:		1,898	Toneladas de carbono (tC)			

Tabla 9:
Resultados de contenido de carbono por parcela en el bosque Tax,
Municipio de Totonicapán, Departamento de Totonicapán

BOSQUE: Tax						
AREA: 140.78 ha			Calculado: 17/1/06			
ESTRATO: 1						
	Arboles	Arbustos	Hojarasca	Maleza	Suelos	Total
	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha
PARCELA: 1	145.51	4.00	2.31	0.04	80.53	232.39
PARCELA: 2	523.54	7.31	2.45	0.09	39.40	572.79
PARCELA: 3	92.16	6.79	36.52		78.10	213.57
PARCELA: 4	170.00	7.17	15.74	0.05	54.14	247.11
PARCELA: 5	196.95	0.07	17.43	0.12	52.54	267.10
PARCELA: 6	304.44	9.50	14.01	0.14	43.62	371.71
PARCELA: 7	341.86	4.51	14.83	0.08	79.99	441.27
PARCELA: 8	171.23	5.25	20.83	0.05	58.06	255.42
PARCELA: 9	192.06	32.31	12.25	0.01	64.43	301.07
PARCELA: 10	274.14	12.91	55.22		87.28	429.55
PARCELA: 11	527.86	17.47	17.49	0.05	71.47	634.34
PARCELA: 12	165.54	22.77	24.22	0.13	17.95	230.60
PARCELA: 13	289.86	29.75	25.71	0.01	81.65	427.00
PARCELA: 14	441.89	14.04	11.95	0.03	62.93	530.83
PARCELA: 15	215.92	12.18	13.71	0.01	59.06	300.88
PARCELA: 16	141.87	2.75	9.64	0.03	40.38	194.68
PARCELA: 17	150.07	0.00	7.88		59.99	217.94
PARCELA: 18	39.88	0.00	4.69	0.02	77.20	121.79
PARCELA: 19	110.12	0.00	40.89	0.15	80.72	231.88
PARCELA: 20	168.85	0.00		0.60	73.07	242.53
Promedio:	233.19	9.44	18.30	0.10	63.12	324.15
Desviación Estándar:	136.05	9.72	13.57	0.14	18.01	138.24
Carbono total para el bosque:	45,634	Toneladas de carbono (tC)				

Tabla 10:
Resultados de contenido de carbono por parcela en el bosque Xesaná,
Municipio de Santa María Chiquimula, Departamento de Totonicapán

BOSQUE: Xesana						
AREA: 1.181.19 ha			Calculado: 17/1/06			
ESTRATO: 1						
	Arboles	Arbustos	Hojarasca	Maleza	Suelos	Total
	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha
PARCELA: 1	298.09	0.00	13.13	0.34	107.14	418.70
PARCELA: 2	528.97	13.23	3.79	1.41		547.39
PARCELA: 5	92.64	3.46	3.77	1.24	47.97	149.08
PARCELA: 6	425.24	6.62	8.38	0.16		440.39
PARCELA: 8	623.64	20.67	24.24	0.10		668.65
PARCELA: 9	43.90	6.14	0.71	1.20		51.96
PARCELA: 10	167.16	1.58	3.53	0.16		172.43
PARCELA: 11	47.79	0.52				48.31
PARCELA: 14	13.27	7.22	1.59	0.60	41.96	64.64
PARCELA: 15	27.59	5.97	6.86	0.09		40.50
PARCELA: 16	608.10	58.64	15.72	0.89		683.36
PARCELA: 17	314.21	13.67	10.77	0.36		339.01
PARCELA: 19	600.98	32.74	14.45	0.39	69.20	717.76
PARCELA: 20	311.29	65.71	32.49	0.47		409.96
PARCELA: 21	651.25	0.00	0.94	0.68		652.86
PARCELA: 22	283.95	46.16	13.56	2.00	35.43	381.11
PARCELA: 23	407.86	55.23	8.31	3.00	79.75	554.15
PARCELA: 25	345.66	63.30	17.50	1.52		427.98
PARCELA: 26	470.10	73.17	0.28	0.61		544.16
PARCELA: 27	206.83	2.21	14.85	0.99		224.88
PARCELA: 28	329.36	6.05	20.48	0.56	65.85	422.30
PARCELA: 30	275.05	0.00	12.26	0.78		288.10
PARCELA: 31	326.81	0.00	16.71	0.95		344.47
PARCELA: 32	175.80	1.96	12.07	0.65	70.51	260.99
PARCELA: 33	545.08	19.63	11.50	1.30		577.51
PARCELA: 35	509.73	0.00	3.09		63.07	575.88
PARCELA: 36	1.340.05	6.05	15.43	0.74		1.362.26
PARCELA: 37	675.36	0.00	31.15	0.08		706.59
PARCELA: 39	38.66	5.06	0.10	2.04		45.86
PARCELA: 40	204.93	17.91	15.67	0.56	79.89	318.95
PARCELA: 41	178.02	43.20	12.75	0.95		234.92
PARCELA: 42	146.86	33.46	3.13	0.46		183.91
PARCELA: 45	0.00	41.57	9.70	0.66		51.93

Tabla 10: (continua)

PARCELA: 50	396.00	42.64			60.06	498.70
PARCELA: 51	132.32	36.40	5.51	0.59		174.82
PARCELA: 52	320.42	82.69	0.26	0.45	61.26	465.08
PARCELA: 53	479.87	53.29				533.16
PARCELA: 54	309.79	89.89	2.91	0.25		402.85
PARCELA: 57	106.09	49.72	8.32	0.93	29.48	194.54
PARCELA: 58	66.42	56.31	0.64	3.48	0.00	126.86
Promedio:	325.63	26.55	10.18	0.88	57.97	421.21
Desviación Estándar:	256.50	26.90	8.27	0.76	26.01	259.35
Carbono total para el bosque:	497,524	Toneladas de carbono (tC)				

Tabla 11:
Resultados de contenido de carbono por parcela en el bosque Cebollín,
Municipio de Cabricán, Departamento de Quetzaltenango

BOSQUE: Cebollín						
AREA: 22.57 ha			Calculado: 17/01/2006			
ESTRATO: 1						
	Arboles	Arbustos	Hojarasca	Maleza	Suelos	Total
	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha
PARCELA: 1	258.95	18.51	12.91	2.41		292.78
PARCELA: 2	127.78	8.33	28.98	0.30		165.39
PARCELA: 3	282.72	3.87	34.10			320.68
PARCELA: 4	161.25	0.00	15.65			176.90
PARCELA: 5	146.99	15.49	16.92	0.24		179.64
PARCELA: 6	259.91	3.37	4.64	0.22	45.33	313.48
PARCELA: 7	22.24	12.44	55.86	0.26		90.79
PARCELA: 8	170.20	12.56	29.93	0.01	59.10	271.80
PARCELA: 9	131.17	12.37	10.66	0.04		154.24
PARCELA: 10	95.19	3.44	17.63	0.24		116.51
PARCELA: 11	199.50	1.90	10.06	0.77		212.22
PARCELA: 12	93.58	0.00	14.25			107.82
Promedio:	162.46	7.69	20.96	0.50	52.22	243.83
Desviación Estándar:	77.49	6.39	14.12	0.75	9.74	79.63
Carbono total para el bosque:		5,503	Toneladas de carbono (tC)			

Tabla 12:
Resultados de contenido de carbono por parcela en el bosque Empalizada,
Municipio de Huitan, Departamento de Quetzaltenango

BOSQUE: Empalizada						
AREA: 6.93 ha			Calculado: 17/01/2006			
ESTRATO: 1						
	Arboles	Arbustos	Hojarasca	Maleza	Suelos	Total
	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha
PARCELA: 1	42.25	14.97	10.53	0.46	37.68	105.89
PARCELA: 2	400.51	4.28	24.20	1.19		430.16
PARCELA: 3	89.76	33.76	18.98	0.07		142.58
Promedio:	177.51	17.67	17.90	0.57	37.68	251.33
Desviación Estándar:	194.58	14.92	6.90	0.56	0	195.27
Carbono total para el bosque:		1,742	Toneladas de carbono (tC)			

Tabla 13:
Resultados de contenido de carbono por parcela en el bosque Ojo de Agua,
Municipio de Cabricán, Departamento de Quetzaltenango

BOSQUE: Ojo de agua						
AREA: 56.49 ha			Calculado: 17/1/06			
ESTRATO: 1						
	Arboles	Arbustos	Hojarasca	Maleza	Suelos	Total
	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha
PARCELA: 1	126.0	0.7				126.7
PARCELA: 4	136.1	17.3				153.4
PARCELA: 5	139.3	18.0				157.3
PARCELA: 6	58.4	8.2				66.6
PARCELA: 7	85.6	15.6				101.2
PARCELA: 10	125.6	4.8				130.4
PARCELA: 11	17.6	12.5				30.0
PARCELA: 12	745.0	1.6				746.6
PARCELA: 13	67.7	0.1				67.8
PARCELA: 17	14.5	3.5				18.0
PARCELA: 23	19.8	0.7				20.5
PARCELA: 24	209.5	3.8				213.3
PARCELA: 26	290.4	0.7				291.1
Promedio:	156.6	6.7				163.3
Desviación Estándar:	193.7	6.8				193.8
Carbono total para el bosque:		9,226	Toneladas de carbono (tC)			

Tabla 14:
Resultados de contenido de carbono por parcela en el bosque Txemuj,
Municipio de Huitán, Departamento de Quetzaltenango

BOSQUE: Txemuj						
AREA: 315.96 ha			Calculado: 17/1/06			
ESTRATO: 1						
	Arboles	Arbustos	Hojarasca	Maleza	Suelos	Total
	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha
PARCELA: 1	77.42	4.05				81.47
PARCELA: 2	283.05	3.33				286.39
PARCELA: 3	637.94	0.85				638.79
PARCELA: 4	444.40	2.80				447.20
PARCELA: 5	254.09	0.27				254.36
PARCELA: 6	503.58	10.07				513.65
PARCELA: 7	752.34	2.51				754.85
PARCELA: 8	227.55	0.14				227.69
PARCELA: 9	396.63	0.11				396.74
PARCELA: 11	631.52	3.26				634.78
PARCELA: 12	263.33	17.00				280.33
PARCELA: 13	79.60	9.86				89.45
PARCELA: 14	753.41	13.65				767.06
PARCELA: 15	691.31	0.87				692.18
PARCELA: 17	20.52	0.07				20.58
PARCELA: 19	154.30	15.42				169.72
PARCELA: 20	219.91	9.98				229.90
PARCELA: 21	219.22	7.60				226.82
PARCELA: 23	411.94	1.62				413.55
PARCELA: 24	273.55	6.98				280.54
Promedio:	364.78	5.52				370.30
Desviación Estándar:	230.30	5.45				230.37
Carbono total para el bosque:		117.001	Toneladas de carbono (tC)			

Tabla 15:
Resultados de contenido de carbono por parcela en el bosque Xacaná,
Municipio de Cabricán, Departamento de Quetzaltenango

BOSQUE: Xacana						
AREA: 22.45 ha			Calculado: 17/1/06			
ESTRATO: 1						
	Arboles	Arbustos	Hojarasca	Maleza	Suelos	Total
	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha
PARCELA: 4	60.89	0.00	37.57	2.20		100.67
PARCELA: 5	35.24	0.00	4.07	0.39		39.70
PARCELA: 6	131.61	0.61	3.88	1.06	34.28	171.43
PARCELA: 7	33.48	3.93	13.03	0.43		50.87
PARCELA: 8	57.37	8.39	16.03	1.86	31.49	115.13
PARCELA: 9	37.66	0.00	21.26	1.26		60.18
PARCELA: 10	46.05	15.15			37.50	98.70
PARCELA: 11	120.45	0.00	12.15	0.48		133.08
PARCELA: 12	0.00	6.16		2.31		8.47
Promedio:	58.08	3.80	15.43	1.25	34.42	112.99
Desviación Estándar:	42.38	5.29	11.57	0.80	3.01	44.36
Carbono total para el bosque:		2,537	Toneladas de carbono (tC)			

Tabla 16:
Resultados de contenido de carbono por parcela en el bosque El Ceñido,
Municipio de Tectitán, Departamento de Huehuetenango

BOSQUE: El Ceñido						
AREA: 75.94 ha				Calculado: 17/01/2006		
ESTRATO: 1						
	Arboles	Arbustos	Hojarasca	Maleza	Suelos	Total
	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha
PARCELA: 1	28.93	0.23	3.00	1.62	44.68	78.46
PARCELA: 2	42.23	12.38	3.35	1.40	33.63	92.99
PARCELA: 3	45.73	18.52	4.44	1.69	16.00	86.37
PARCELA: 4	21.91	6.76	4.74	1.16	6.50	41.07
PARCELA: 5	9.71	9.52	6.00	0.68		25.91
PARCELA: 6	75.76	0.00	3.79	0.86	33.67	114.08
PARCELA: 7	96.84	8.32	5.04		21.68	131.87
PARCELA: 8	485.28	22.64	6.90		22.84	537.67
PARCELA: 9	355.68	10.81	5.38			371.86
PARCELA: 10	471.67	23.31	11.29			506.26
PARCELA: 11	214.82	0.00	6.00		17.74	238.56
PARCELA: 12	178.26	0.10	5.01	0.10	37.93	221.41
PARCELA: 13	118.67	0.13	3.79	0.06	9.24	131.88
PARCELA: 14	226.00	0.10	6.78	0.01	18.80	251.69
PARCELA: 15	167.75	0.15	4.74		39.62	212.26
Promedio:	169.28	7.53	5.35	0.84	25.19	208.20
Desviación Estándar:	157.26	8.55	2.01	0.67	12.42	158.00
Carbono total para el bosque:		15,810	Toneladas de carbono (tC)			

Tabla 17:
Resultados de contenido de carbono por parcela en el bosque Cheosh,
Municipio de Tectitán, Departamento de Huehuetenango

BOSQUE: Cheosh						
AREA: 10.86 ha			Calculado: 17/01/2006			
ESTRATO: 1						
	Arboles	Arbustos	Hojarasca	Maleza	Suelos	Total
	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha
PARCELA: 1	0.00	0.00	4.68		30.50	35.19
PARCELA: 2	82.54	0.00	3.95		15.48	101.97
PARCELA: 3	104.48	13.18	7.35		31.93	156.93
PARCELA: 4	58.55	0.82	4.03		27.46	90.86
Promedio:	61.39	3.50	5.00		26.34	96.24
Desviación Estándar:	45.02	6.46	1.60		7.48	46.12
Carbono total para el bosque		1,045	Toneladas de carbono (tC)			

Tabla 18:
Resultados de contenido de carbono por parcela en el bosque Chiquililá,
Municipio de San Ildefonso Ixtahuacán, Departamento de Huehuetenango

BOSQUE: Chiquilila						
AREA: 19.72 ha			Calculado. 17/01/2006			
ESTRATO: 1						
	Arboles	Arbustos	Hojarasca	Maleza	Suelos	Total
	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha
PARCELA: 1	58.49	7.75	19.34	0.96	77.15	163.70
PARCELA: 2	58.33	12.30	25.41	0.33	68.89	165.26
PARCELA: 3	19.67	16.86	3.29	0.04	39.66	79.52
PARCELA: 4	37.96	15.33	16.92	0.68	64.04	134.92
PARCELA: 5	41.28	11.51	34.50	0.05	36.82	124.16
Promedio:	43.15	12.75	19.89	0.41	57.31	133.51
Desviación Estándar:	16.18	3.55	11.49	0.40	18.06	27.07
Carbono total para estrato 1:		2,633	Toneladas de carbono (tC)			

AREA: 17.78 ha			17/01/2006			
ESTRATO: 2						
	Arboles	Arbustos	Hojarasca	Maleza	Suelos	Total
	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha
PARCELA: 1	0.00	8.98			56.47	65.44
PARCELA: 2	57.00	5.25		0.01	60.69	122.96
PARCELA: 3	18.14	1.94	27.90	0.30	46.68	94.96
PARCELA: 4	36.05	7.12	4.84	0.27	77.55	125.82
PARCELA: 5	76.95	3.54			93.69	174.18
PARCELA: 6	28.39	4.56	16.67	1.00	104.29	154.91
Promedio:	36.09	5.23	16.47	0.40	73.23	131.41
Desviación Estándar:	27.53	2.52	11.53	0.42	22.56	37.50
Carbono total para estrato 2:		2,337	Toneladas de carbono (tC)			

Carbono total para el bosque: 4,970 toneladas de carbono (tC)

Tabla 19:
Resultados de contenido de carbono por parcela en el bosque Pozo de Piedra,
Municipio de San Ildefonso Ixtahuacán, Departamento de Huehuetenango

BOSQUE: Pozo de Piedra						
AREA: 6.00 ha			Calculado: 17/1/06			
ESTRATO: 1						
	Arboles	Arbustos	Hojarasca	Maleza	Suelos	Total
	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha
PARCELA: 1	231.89	7.79	25.74	0.31		265.73
PARCELA: 2	395.97	0.00	56.81		86.49	539.27
PARCELA: 3	320.91	5.48	46.50	0.46	75.60	448.95
Promedio:	316.26	4.42	43.02	0.39	81.04	445.13
Desviación Estándar:	82.14	4.00	15.83	0.10	7.70	84.10
Carbono total para el bosque:		2,671	Toneladas de carbono (tC)			

Tabla 20:
Resumen de Principales Resultados para los Bosques Incluidos en este Estudio:

No.	Bosque	Número parcelas	Área (ha.)	Densidad de carbono ton C/ha	Contenido carbono ton C	Desviación estándar ton C
1	Bojonal	23	134.0	87.25	11,691	4,474
2	Caxaj	16	79.1	152.71	12,079	6,188
3	Cebollín	12	22.6	243.83	5,503	1,797
4	Ceñido	15	75.9	208.20	15,811	11,999
5	Chalanchac	6	20.3	259.21	5,262	2,280
6	Cheosh	4	10.9	96.24	1,045	501
7	Chiquililá	11	37.5	132.53	4,970	854
8	Chuamazán	17	85.1	292.34	24,875	11,304
9	Empalizada	3	6.9	251.33	1,742	1,353
10	Guadalupe	13	31.1	188.43	5,866	4,136
11	Ojo de Agua	13	56.5	163.31	9,226	10,950
12	Pozo de Piedra	3	6.0	445.13	2,671	505
13	El Rancho	13	29.2	65.02	1,898	678
14	Tax	20	140.8	324.15	45,634	19,462
15	Txemuj	20	316.0	370.3	117,001	72,787
16	Ventanas	22	203.2	178.22	36,205	31,980
17	Xacaná	9	22.4	112.99	2,537	996
18	Xesaná	40	1,181.2	421.21	497,529	306,343
	Promedio		129.4	326.0	42,187	
	Totales	260	2,458.6		801,544	317,845

La Tabla 20 resume los resultados de los 18 bosques muestreados durante la campaña de 2004. Las últimas dos filas de esta tabla muestran el resumen global para todos los bosques trabajados. La fila de promedios muestra que el bosque promedio trabajado tuvo un área de 129.4 ha., aunque el tamaño de los bosques trabajados varía grandemente, desde bosques muy pequeños como Pozo de Piedra y Empalizada con menos de 10 ha. hasta llegar al bosque Xesaná con casi 1,200 ha.

Trece de los bosques muestreados tienen menos de 100 ha. de superficie, lo que muestra que en general los bosques trabajados son pequeños. Estos bosques fueron muestreados con una intensidad de muestreo promedio de 0.75%. Cuatro de los bosques trabajados tienen un rango de área de 100 a 316 ha. y pueden considerarse de tamaño mediano. Estos bosques fueron muestreados con una intensidad de muestreo promedio de 0.25%. Finalmente, el bosque más grande Xesaná, fue muestreado con una intensidad de muestreo de 0.1%.

La densidad de carbono promedio de los bosques trabajados fue de 326 toneladas de carbono por ha., que es un valor relativamente alto para contenido de carbono para este tipo de bosques. Este resultado indica que los bosques trabajados en general cuentan con árboles de buen tamaño y puede decirse que han alcanzado ya su estado de madurez.

El contenido total de carbono en todos los bosques trabajados fue de 801,544 toneladas de carbono. Es importante notar que este valor muestra una desviación estándar de 317,845 toneladas de carbono. Esto equivale a un coeficiente de variación (desviación relativa) de 40%. Aunque podría considerarse que este es un valor de variación relativamente alto, no es un valor inusual para un muestreo de bosques naturales. Como se puede observar en las últimas filas de cada tabla de resultados individuales por bosque, la variabilidad en cada uno de los componentes medidos fue alta, e incluso en los bosques con una alta intensidad de muestreo (los bosques más pequeños), los coeficientes de variación se encuentran en el rango de 50%. Esto muestra que los bosques naturales son muy variables en sus diferentes estratos, y aun aumentando la intensidad de muestreo, la variación relativa de los resultados puede permanecer alta.

En un muestreo de carbono es importante mantener una relación óptima de costo-beneficio, y es por eso que en la mayoría de los casos se debe sacrificar el completar un número mayor de parcelas de medición para mantener los costos de medición en un nivel apropiado. Una manera de poder aumentar la efectividad del muestreo sin aumentar tremendamente el número de parcelas es a través de un muestreo estratificado.

Este proceso de estratificación será muy importante para futuras mediciones especialmente en bosques que mostraron una alta variabilidad en el contenido de carbono en árboles, el estrato que aporta la mayor cantidad de carbono. Bosques como La Empalizada, Ojo de Agua y Las Ventanas, mostraron coeficientes de variación arriba del 100% lo que indica que será necesario implementar un sistema de estratificación para el muestreo efectivo de estos bosques.

Las 800,000 toneladas de carbono estimadas para los 18 bosques trabajados incluyen sólo los estratos medidos. Es importante notar que los bosques Ojo de Agua, Txemuj y Caxaj

no tienen valores reportados para carbono en suelo. El contenido de carbono reportado para estos bosques es posiblemente un 25% menor debido a esta omisión. Por otro lado, para ningún bosque se estimó contenido de carbono en raíces. Asumiendo un valor de 25% para el contenido de carbono en raíces, se puede estimar que los bosques estudiados contienen alrededor de un millón de toneladas de carbono almacenadas.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Los 18 bosques medidos en 2004 reportan un total de 801,544 toneladas de carbono almacenadas en sus estratos arriba del suelo (sin incluir raíces).
2. En promedio los bosques muestran una densidad de contenido de carbono de 326 toneladas de carbono por hectárea. Este valor relativamente alto es indicativo de bosques maduros en buen estado de conservación.
3. Todos los bosques trabajados abarcan una extensión total de 2,460 hectáreas.
4. El valor reportado de carbono muestra un coeficiente de variación del 40%. En futuras mediciones deberá buscarse reducir esta variabilidad en los resultados mejorando el sistema de estratificación para el muestreo de los bosques que hayan mostrado una alta variabilidad, especialmente en el número y tamaño de árboles por parcela.
5. Además del almacenamiento y fijación de carbono los 18 bosques bajo estudio contribuyen a la regularización de los recursos hídricos, guardan una alta biodiversidad por la preservación de diversas especies manteniendo una belleza escénica propia del altiplano occidental de Guatemala, lo que le da un valor agregado al contenido de carbono.
6. Algunos aspectos de la metodología que pueden mejorarse en mediciones futuras son: a) desarrollo de ecuaciones de biomasa específicas para los tipos de árboles y bosques que se están trabajando; b) alguna estimación, aunque sea muy general, del contenido de carbono en las raíces de los árboles; esto puede aumentar fácilmente en un 20% los resultados reportados; c) estimaciones del contenido de carbono en áreas fuera de los bosques medidos ya que el área de influencia del proyecto incluye no sólo los bosques sino los sistemas agrícolas y agroforestales que poseen las comunidades involucradas.

5. LITERATURA CITADA:

Arreaga, WE. 2002. Almacenamiento de carbono en bosques con manejo forestal sostenible en la Reserva de Biosfera Maya, Petén. Guatemala. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, CR. 73p.

Brown, S. Gillipsie, AJR; Lugo, A.E. 1989. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. *Forest Science* 35:881-902.

Brown, S. 1996. A primer for estimating biomass and biomass change in tropical forests. FAO. USA.

Córdova, Lorena. 2002. Estimación de biomasa y carbono para *Pinus oocarpa Schied*, *P. maximinoi H.E. Moore* y *P. Caribaea Morelet. Var. hondurensis* en algunos bosques naturales de Guatemala. Tesis, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Lee, Glenda. 2002. Estudio preliminar para la estimación de biomasa y cuantificación de carbono para *Vochysia guatemalensis*, *Calophyllum brasiliense* y *Cybistax donnell-smithii* en bosques naturales de Guatemala. Tesis, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Marquez, L (ed). S.f. Elementos técnicos para inventarios de carbono en uso del suelo. Fundación Solar, Guatemala. 33p.

Apéndices

ESTA PAGINA VA EN BLANCO

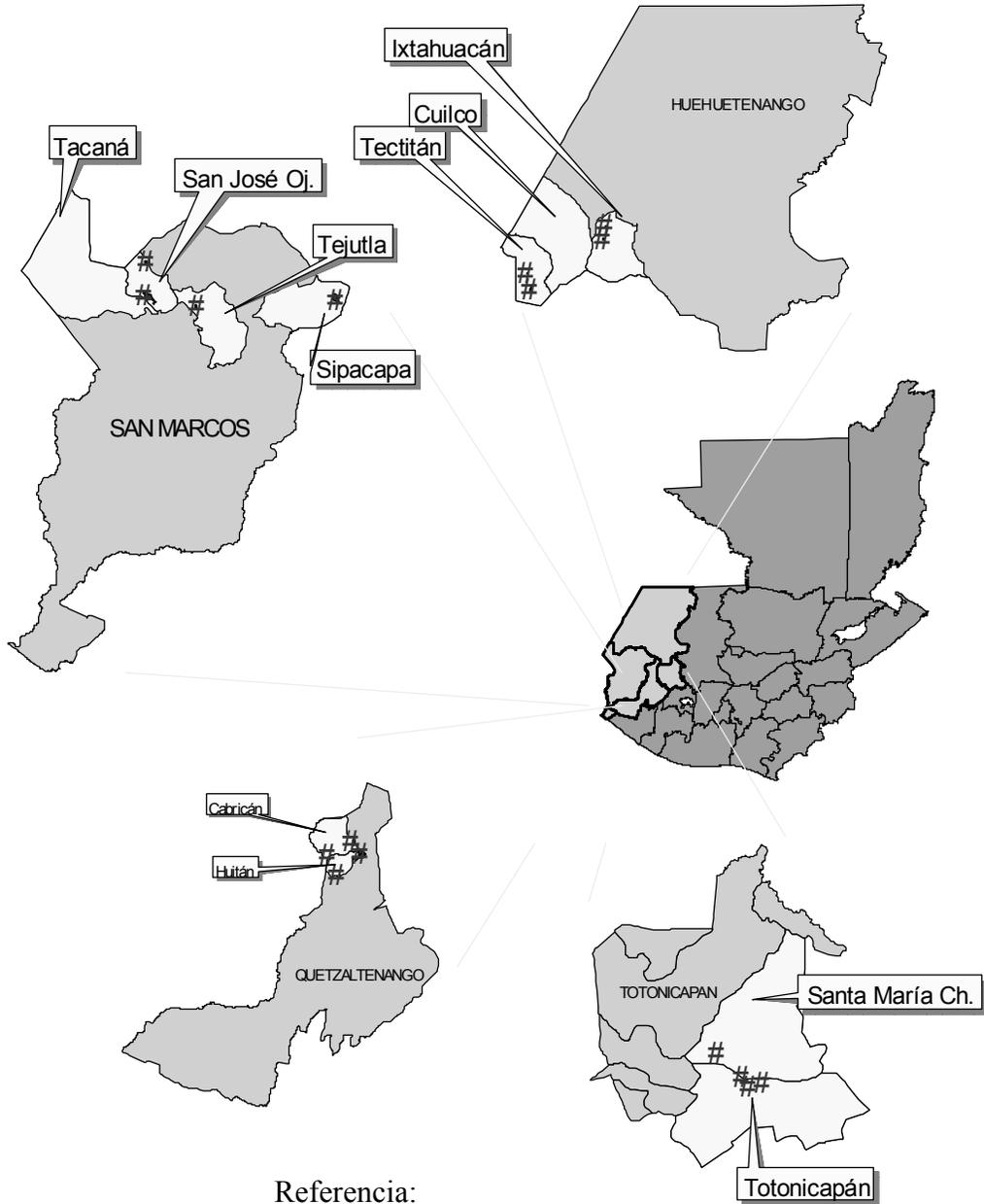
Apéndice 1

**Mapas de ubicación de bosques muestreados
para medición de contenido de carbono**

ESTA PAGINA VA EN BLANCO

Mapa No. 1

Ubicación de sitios de muestreo de Carbono

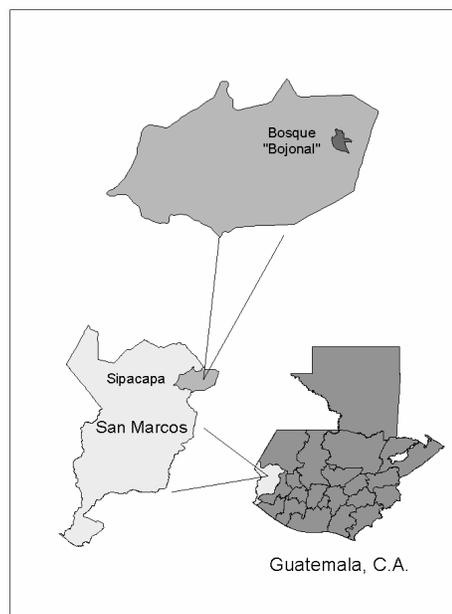
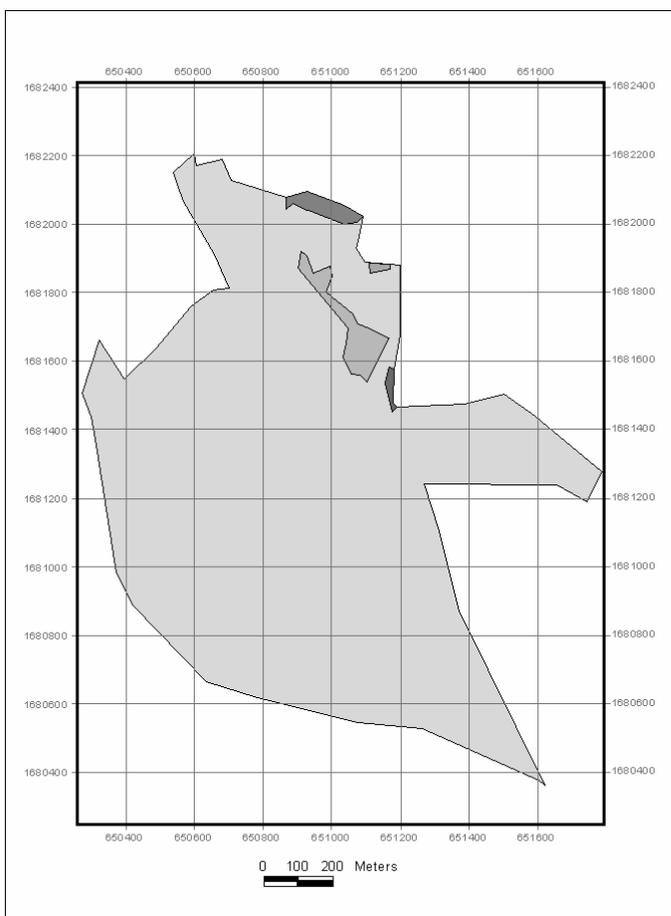


Referencia:

Ubicación de bosques muestreados

Mapa No. 2

Bosque "Bojonal"
Aldea Canoj
Municipio de Sipacapa, Departamento de San Marcos



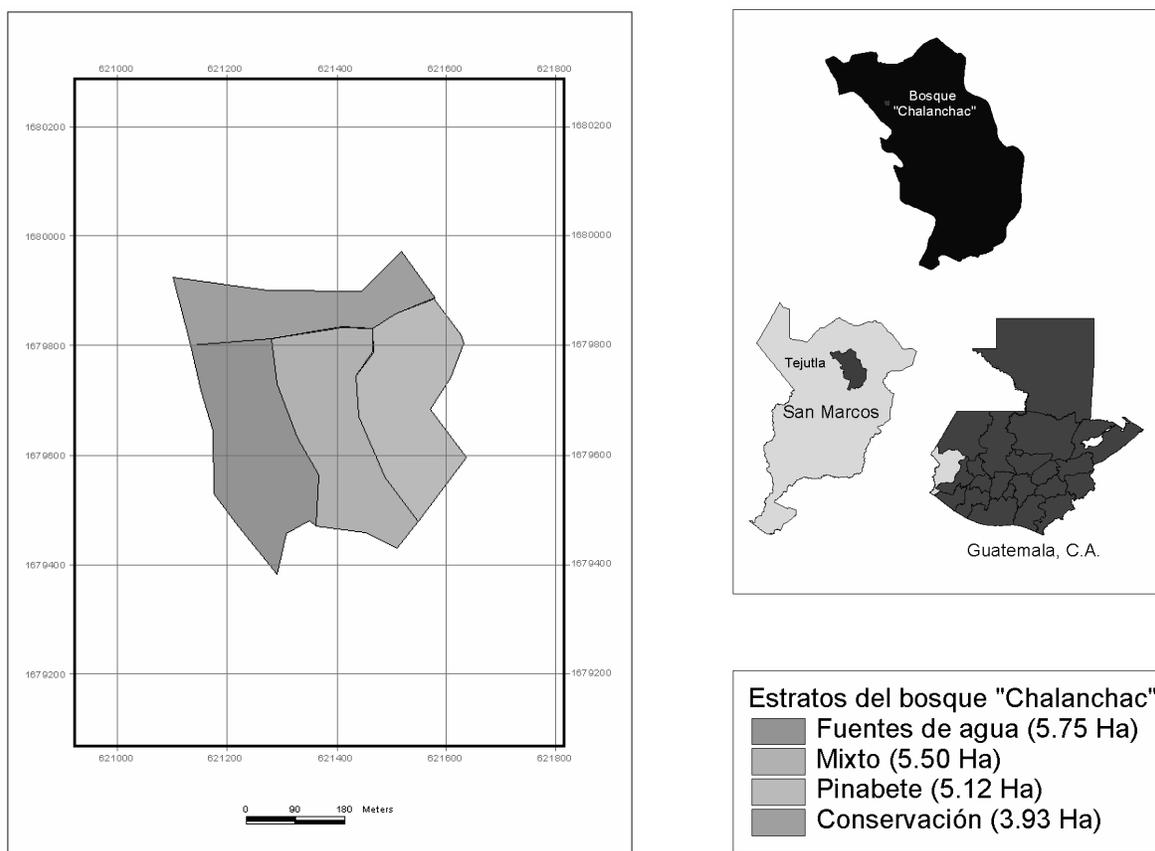
Estratos del bosque "Bojonal"	
	Area de pastoreo (2.27 Ha)
	Rodal latifoliadas (0.96 Ha)
	Rodal silvopastoril (0.51 Ha)
	Area agrícola (0.13 Ha)
	Area de bosque (132.28 Ha)

Matriz Informativa del bosque "Bojonal"

- Area total: 134.00 Ha
- Comunidades beneficiarias: Aldea Canoj y los caserios de Puente Blanco y La Cienega
- Propiedad: Municipal

Mapa No. 3

Bosque "Chalanchac"
Aldea Chalanchac
Municipio de Tejutla, Departamento de San Marcos

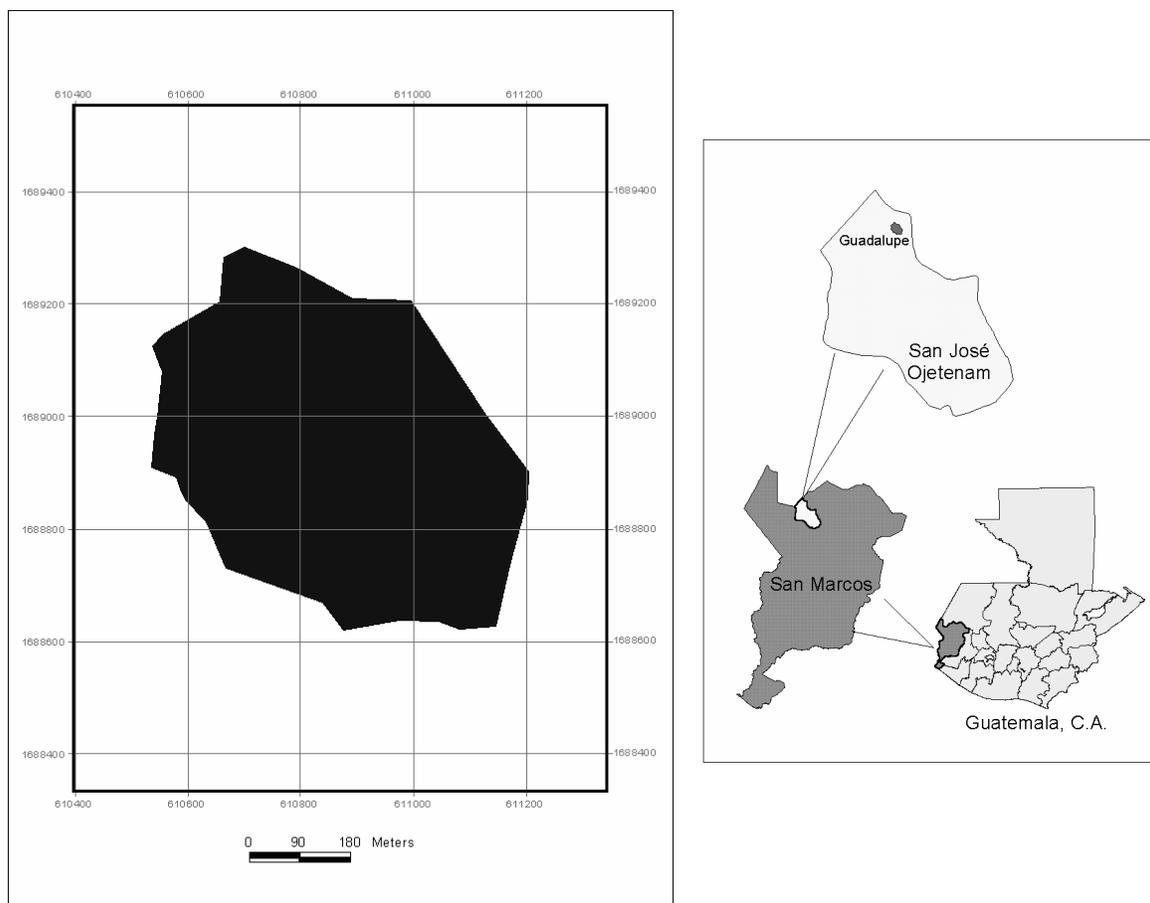


Matriz Informativa del bosque "Chalanchac"

- Area total: 20.30 Ha
- Comunidades beneficiarias: Aldea Chalanchac
- Propiedad: Comunal

Mapa No. 4

Bosque Guadalupe
Caserío Guadalupe, Aldea Ojetenam
Municipio de San José Ojetenam, Departamento de San Marcos

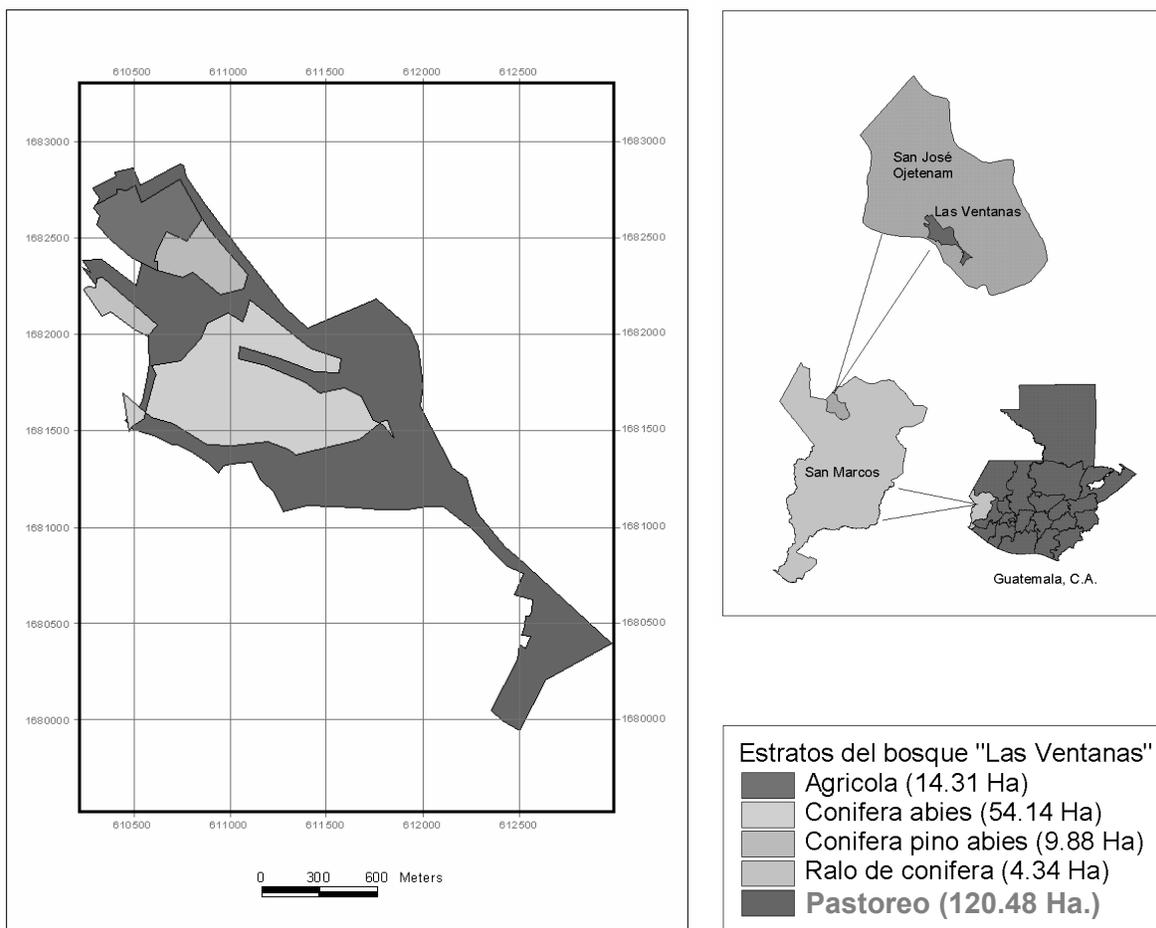


Matriz Informativa del bosque “Guadalupe”

- Area total: 31.13 Ha
- Comunidades beneficiarias: Aldea Ojetenam, los cantones de La Laguna y Guadalupe, y vecinos en el municipio de Concepción Tutuapa
- Propiedad: Comunal

Mapa No. 5

Bosque "Las Ventanas"
 Aldea Esquipulas
 Municipio de San José Ojetenam, Departamento de San Marcos

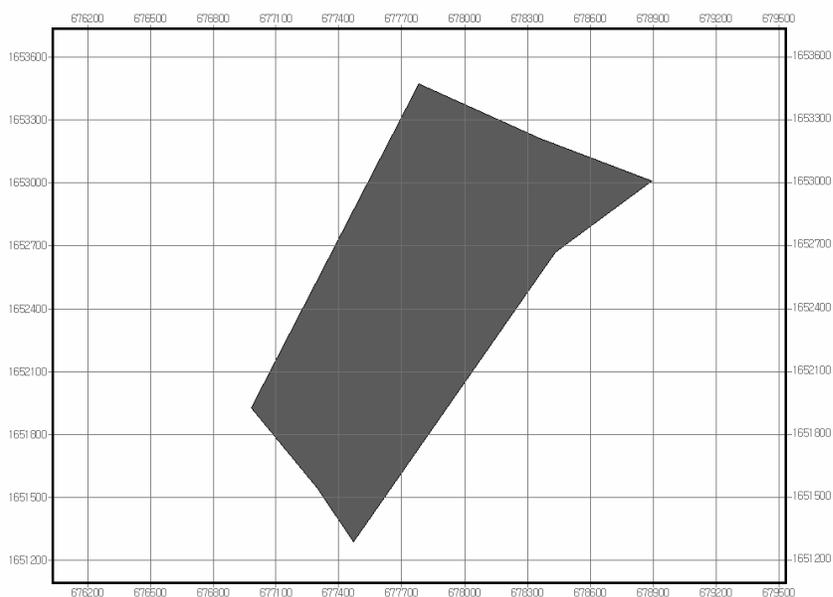


Matriz Informativa del bosque "Las Ventanas"

- Area total: 203.15 Ha
- Comunidades beneficiarias: Aldea Esquipulas, y los cantones de La Union, Nuevo Progreso, San Pedrito, Nueva Esperanza, Las Nubes, y Caballito
- Propiedad: Municipal

Mapa No. 6

Bosque "Caxaj"
Parcialidad Caxaj
Municipio de Totonicapán, Departamento de Totonicapán

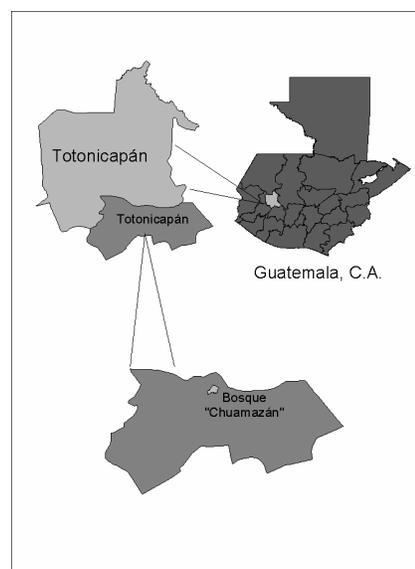
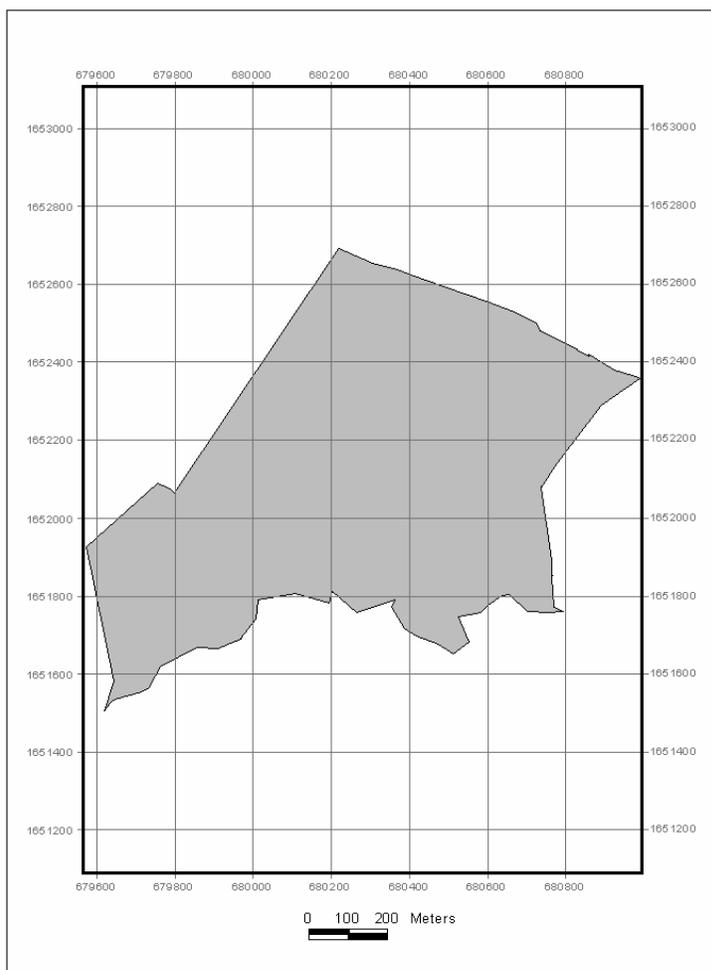


Matriz Informativa del bosque "Caxaj"

- Area total: 176.31 Ha
- Comunidades beneficiarias: El Centro, Palín, y Chuipachec
- Propiedad: Parcialidad

Mapa No. 7

Bosque "Chuamazán" Municipio de Totonicapán, Departamento de Totonicapán



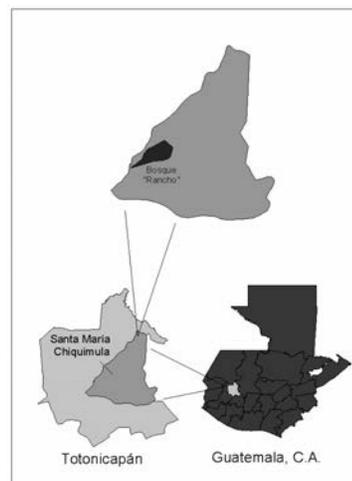
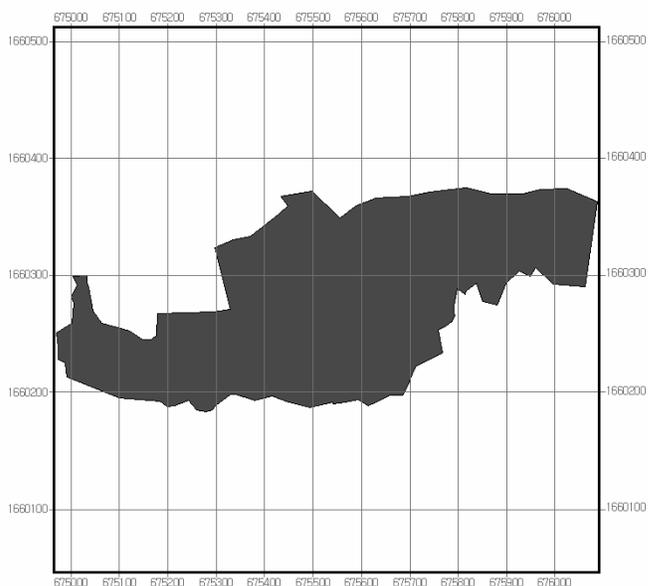
Matriz Informativa del bosque Chuamazán

- Area total: 85.09 Ha
- Comunidades beneficiarias: Cantón Chuamazán
- Propiedad: Comunal

Mapa No. 8

Bosque Rancho
Aldea El Rancho

Municipio de Santa María Chiquimula, Departamento de Totonicapán

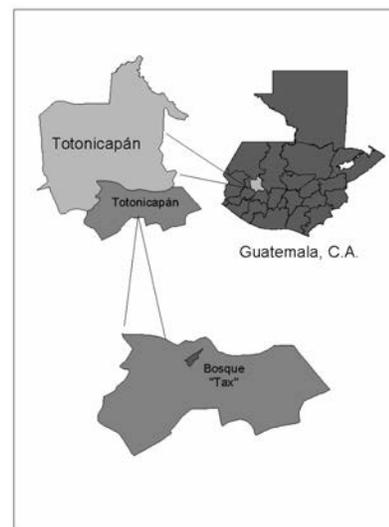
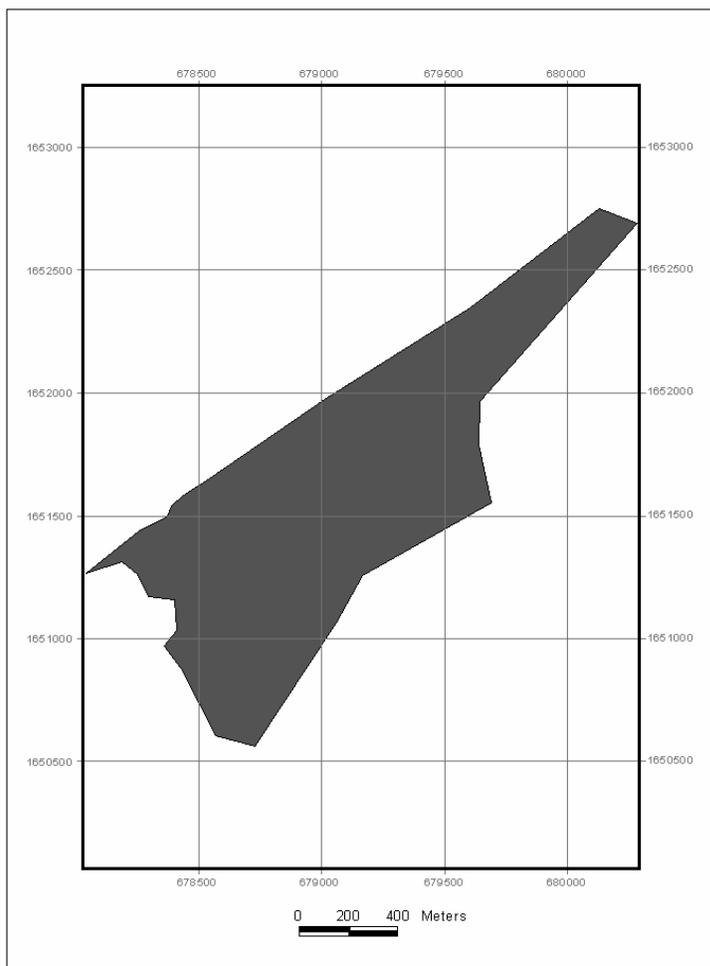


Matriz Informativa del bosque “El Rancho”

- Area total: 29.19 Ha
- Comunidades beneficiarias: Aldea El Rancho
- Propiedad: Comunal

Mapa No. 9

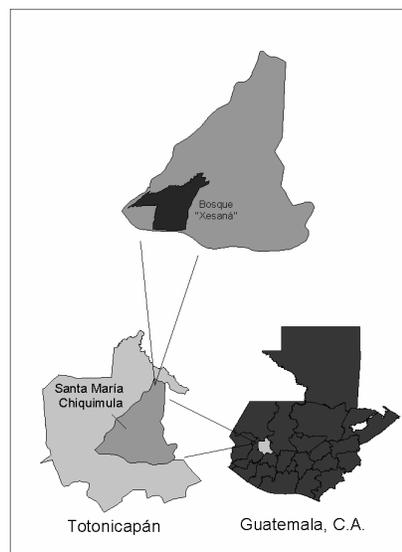
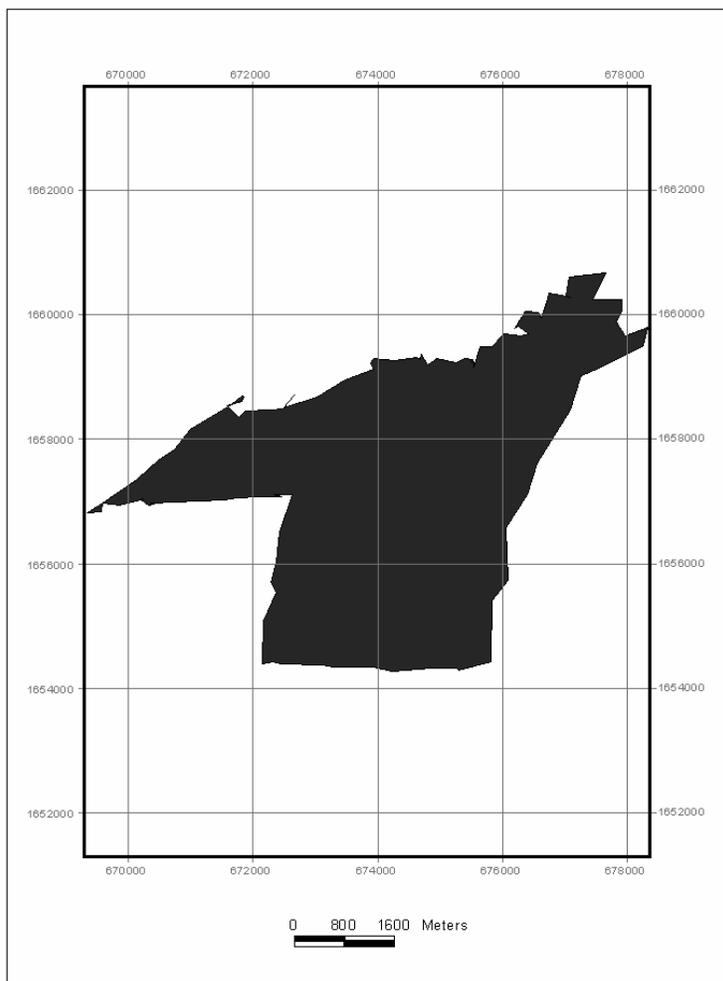
Bosque "Tax", Parcialidad Tax
Municipio de Totonicapán, Departamento de Totonicapán



Matriz Informativa del bosque "Tax"

- Area total: 140.78 Ha
- Comunidades beneficiarias: Familia Tax
- Tipo de Propiedad: Parcialidad

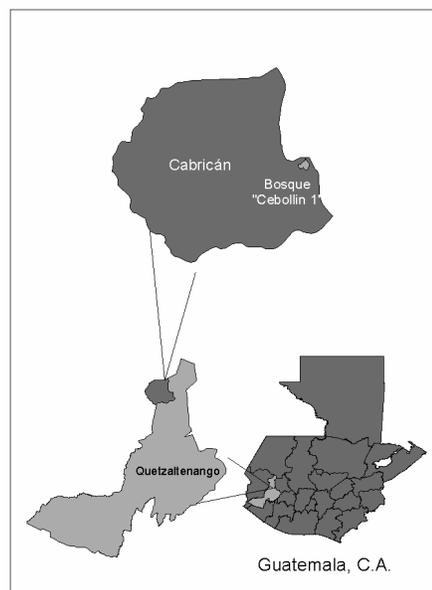
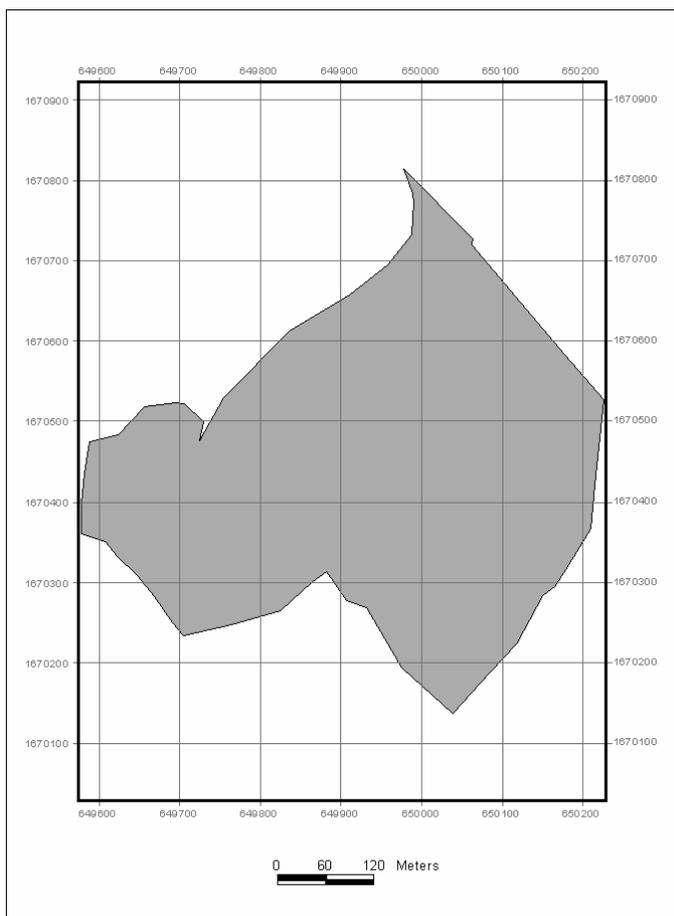
Mapa No. 10
Bosque "Xesaná"
Aldea Xesaná,
Municipio de Santa María Chiquimula, Departamento de Totonicapán



Matriz Informativa del bosque "Xesaná"

- Area total: 1181.19 Ha
- Comunidades beneficiarias: Aldea Xesaná
- Propiedad: Comunal

Mapa No. 11
Bosque "El Cebollin 1"
Aldea Las Cienagas
Municipio de Cabricán, Departamento de Quetzaltenango

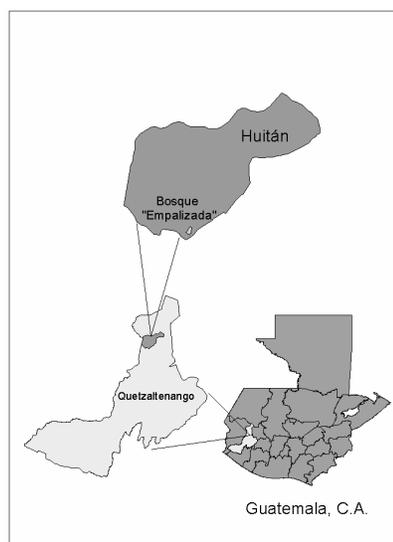
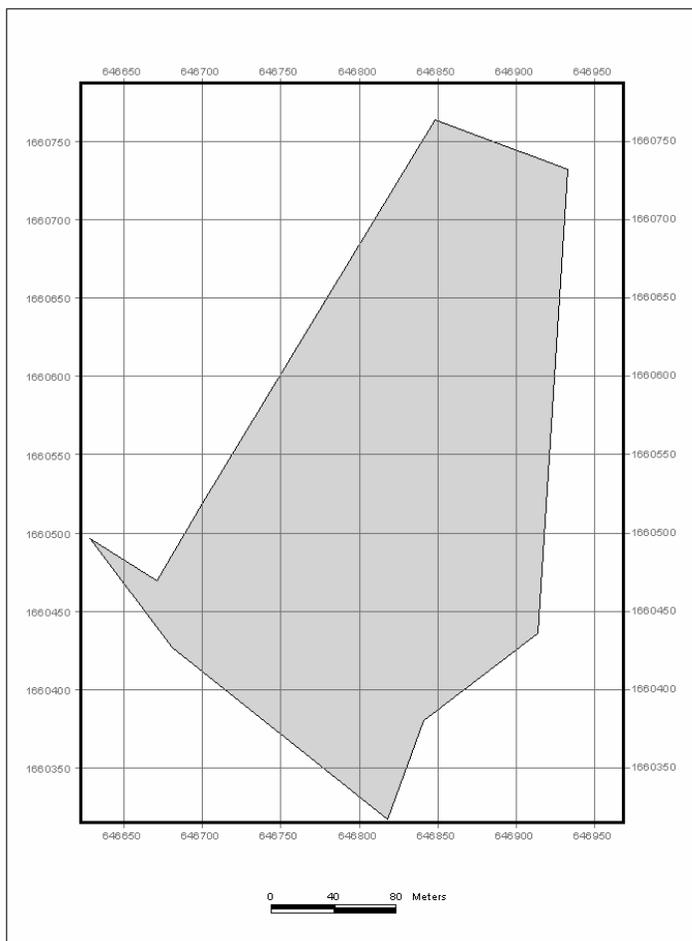


Matriz Informativa del bosque "Cebollin 1"

- Area total: 22.57 Ha
- Comunidades beneficiarias: San Antonio los Corrales y Mirador
- Propiedad: Municipal

Mapa No.12

Bosque “La Empalizada”
Aldea Vixben
Municipio de Huitán, Departamento de Quetzaltenango

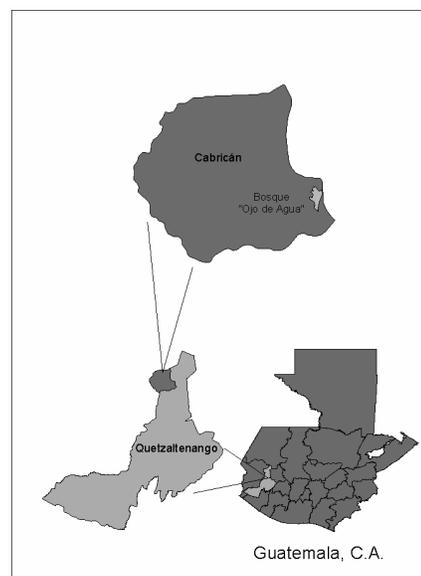
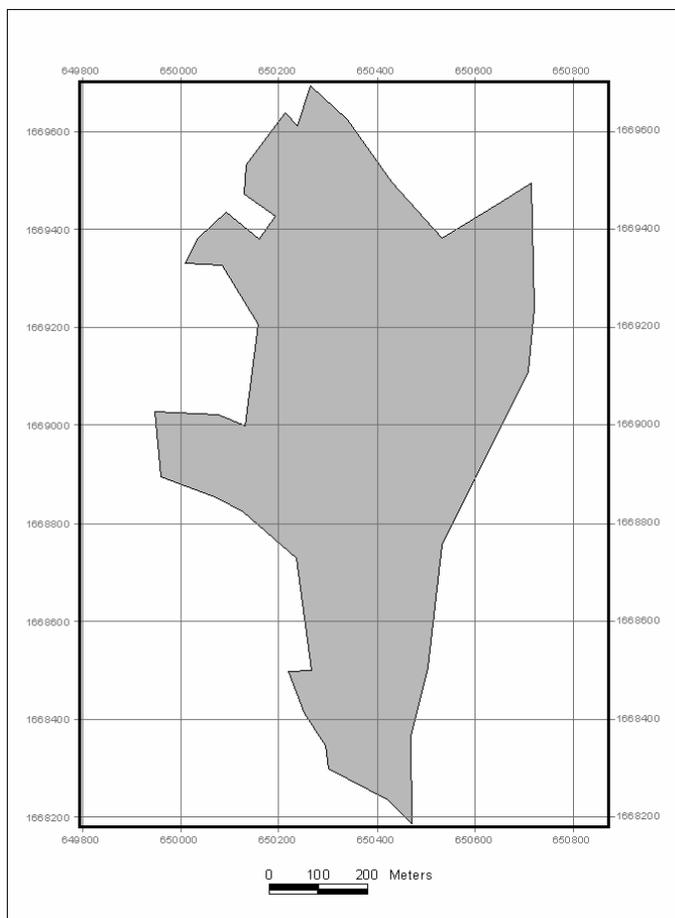


Matriz Informativa del bosque “La Empalizada”

- Area total: 6.93 Ha
- Comunidades beneficiarias: Aldea Vixben
- Propiedad: Communal

Mapa No. 13

Bosque "Ojo de Agua"
Aldea Las Cienagas
Municipio de Cabricán, Departamento de Quetzaltenango

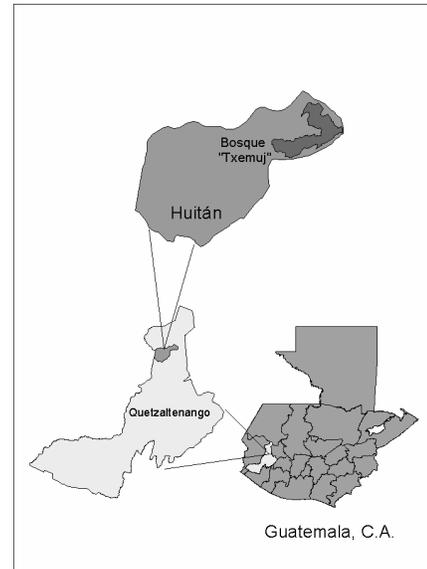
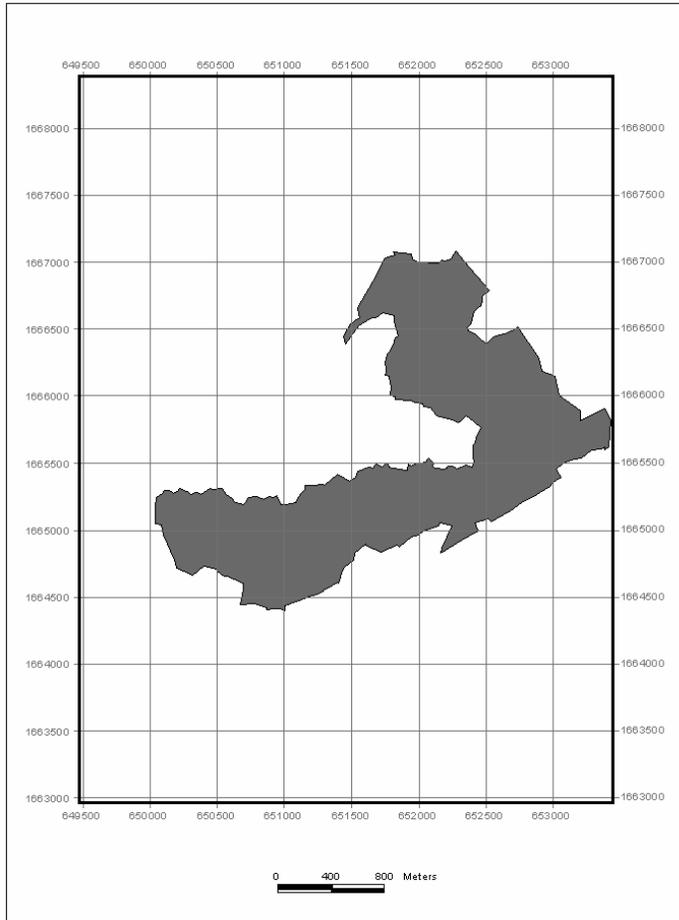


Matriz Informativa del bosque "Ojo de Agua"

- Area total: 56.49 Ha
- Comunidades beneficiarias: Las Cienagas, Las ventanas y Ciénaga Chiquita
- Propiedad: Municipal

Mapa No. 14

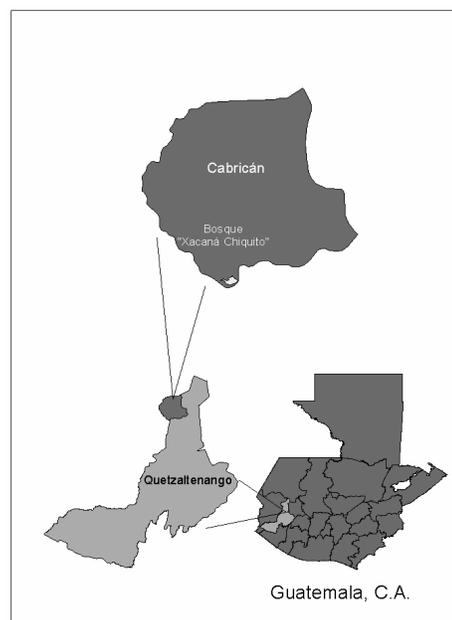
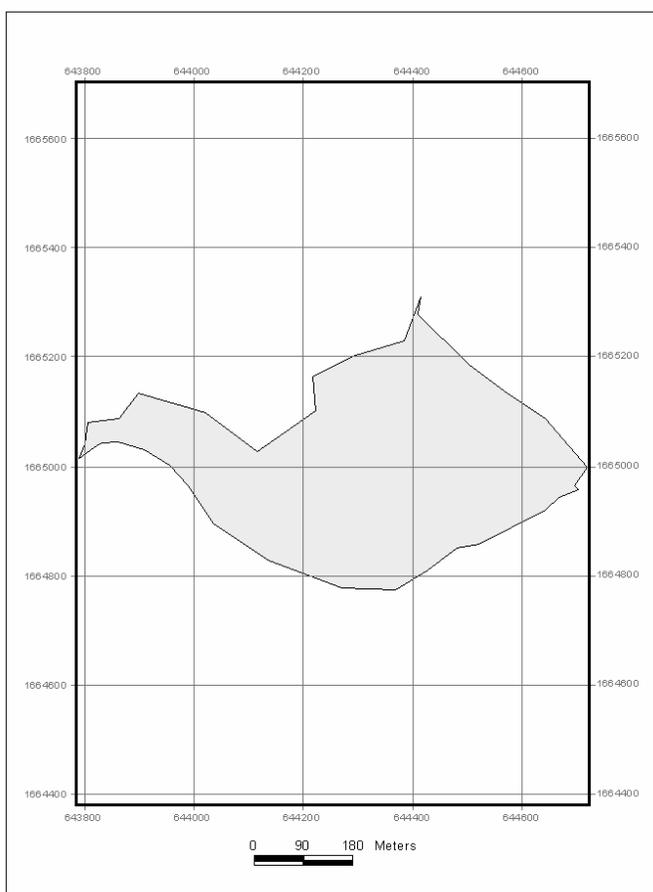
Bosque Txemuj
Aldea Paxoj
Municipio de Huitán, Departamento de Quetzaltenango



Matriz Informativa del bosque "Txemuj"

- Area total: 315.96 Ha
- Comunidades beneficiarias: Aldea Paxoj
- Propiedad: Municipal

Mapa No. 15
“Bosque Xacaná Chiquito”
Aldea Xacaná Chiquito
Municipio de Cabricán, Departamento de Quetzaltenango

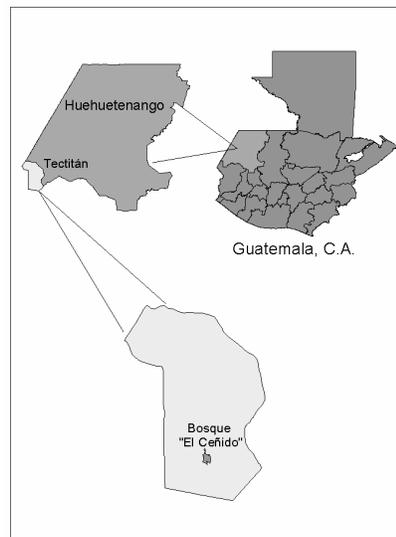
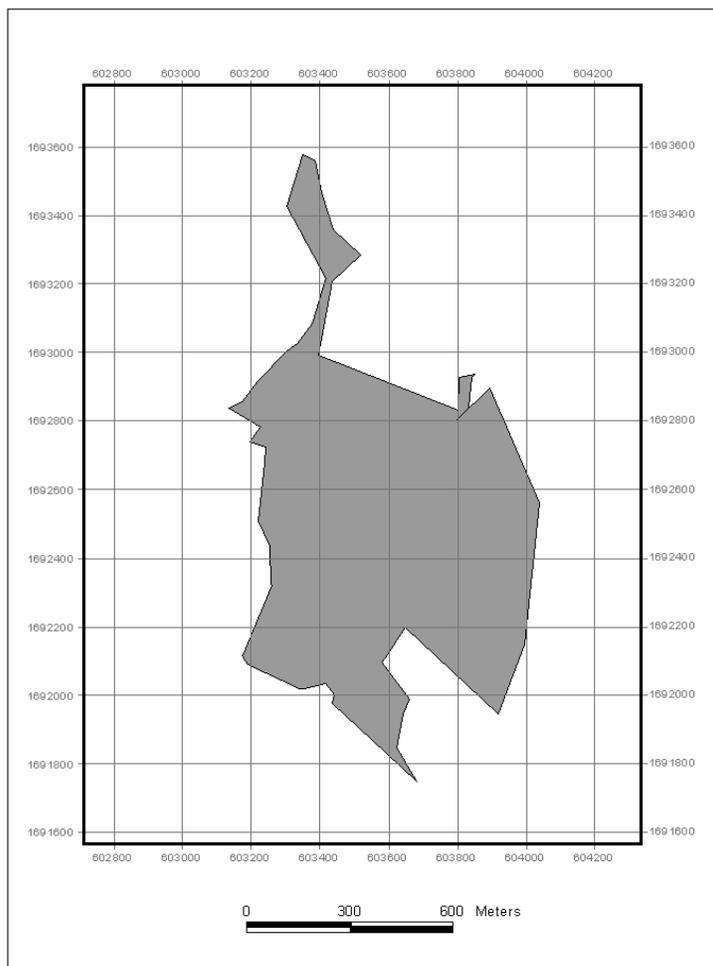


Matriz Informativa del bosque “Xacaná Chiquito”

- Area total: 22.45 Ha
- Comunidades beneficiarias: Centro, Buena Vista, y Loma Grande
- Propiedad: Municipal

Mapa No. 16

Bosque “El Ceñido”
Aldea Chisté
Municipio de Tectitán, Departamento de Huehuetenango

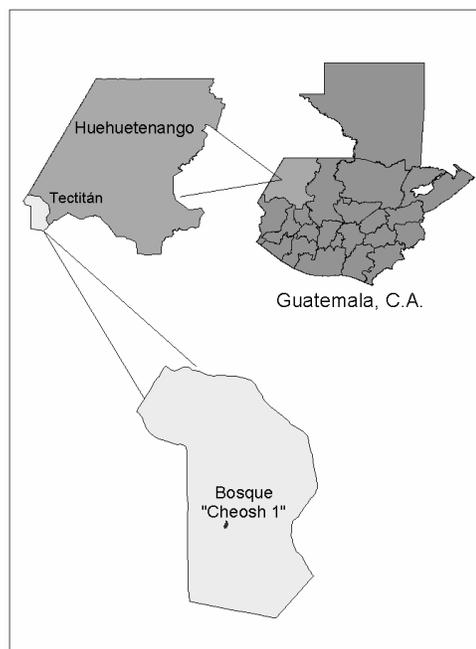
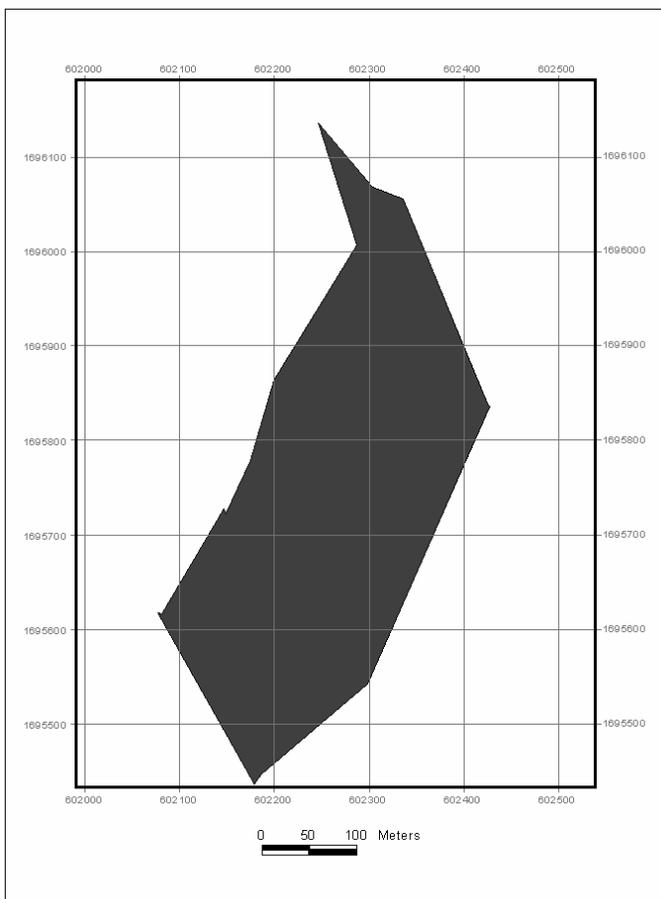


Matriz Informativa del bosque “El Ceñido”

- Area total: 75.94 Ha
- Comunidades beneficiarias: Aldea Chisté y los cantones de Tuisboche, y Tuibia
- Propiedad: Municipal

Mapa No. 17

Bosque "Cheosh"
Aldea Cheosh
Municipio de Tectitán, Departamento de Huehuetenango



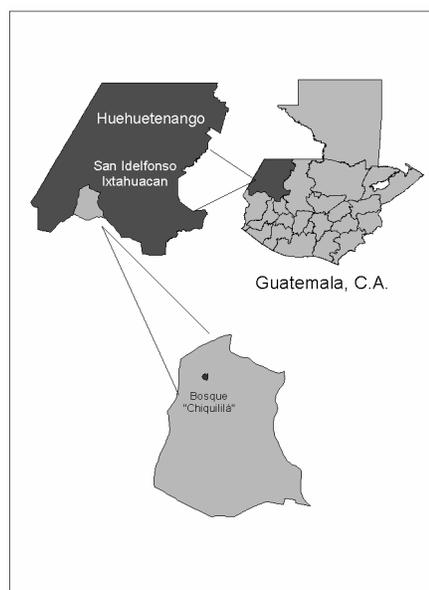
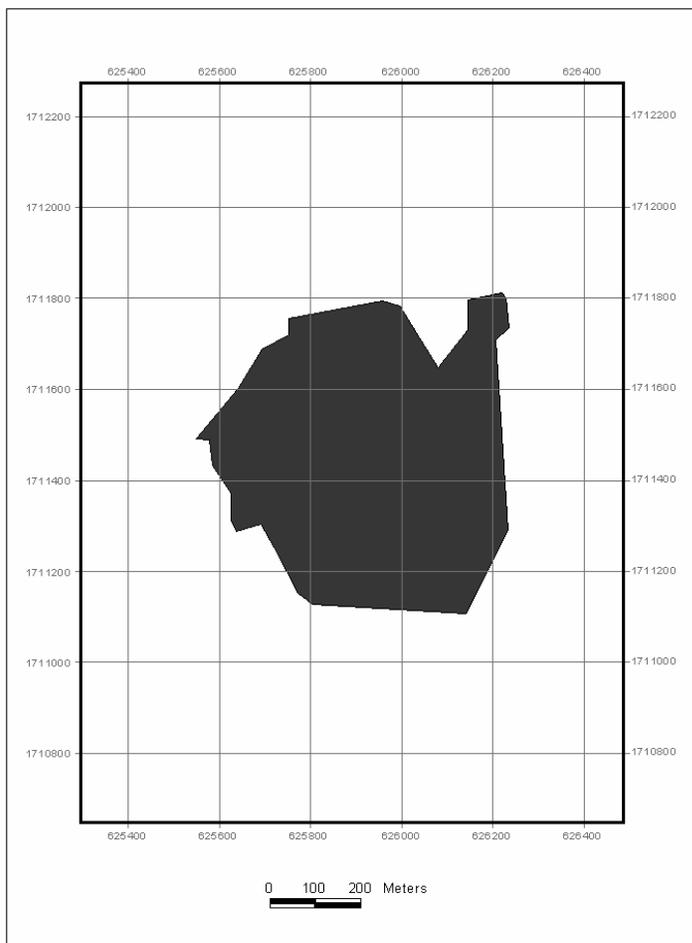
Matriz Informativa del bosque "Cheosh 1"

- Area total: 10.86 Ha
- Comunidades beneficiarias: Aldea Cheosh
- Propiedad: Municipal

Mapa No. 18

Bosque "Chiquililá"
Aldea Chiquililá

Municipio de San Idelfonso Ixtahuacán, Departamento de Huehuetenango

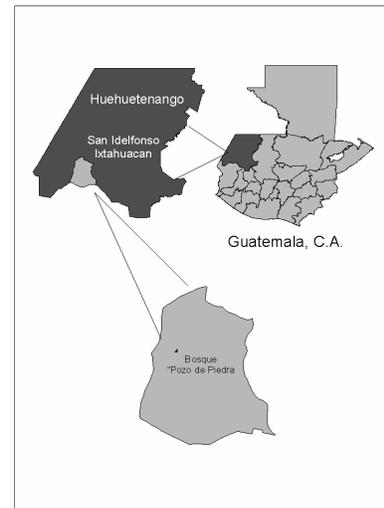
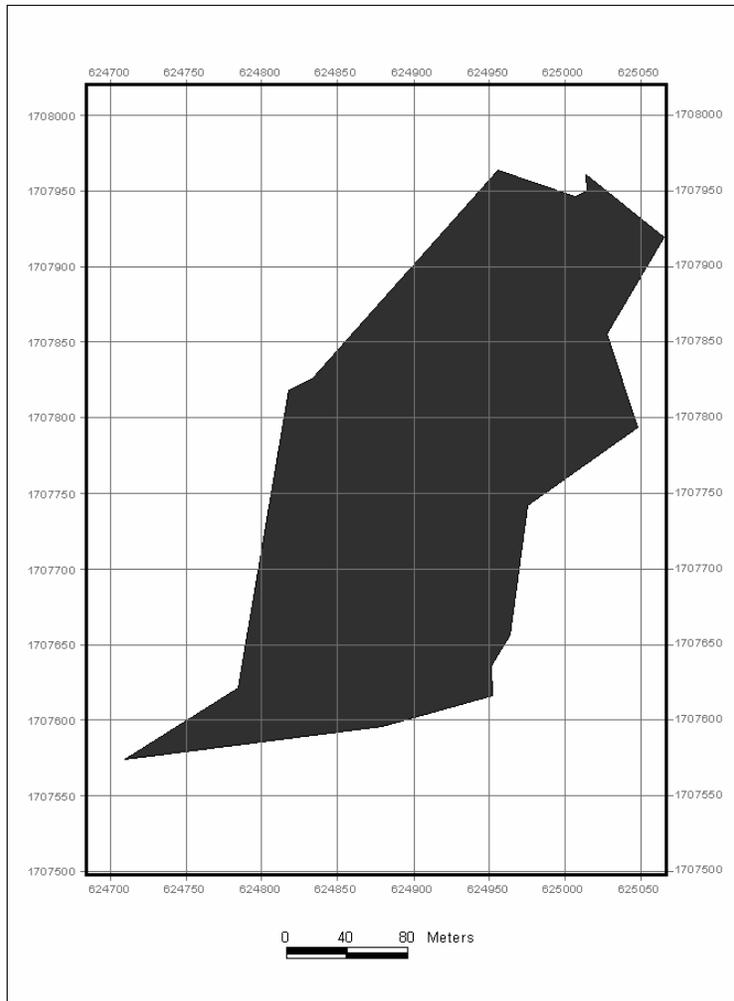


Matriz Informativa del bosque "Chiquililá"

- Area total: 35.00 Ha
- Comunidades beneficiarias: Aldea Chiquililá
- Propiedad: Comunal

Mapa No. 19

Bosque "Pozo de Piedra"
Aldea Pozo de Piedra
Municipio de San Idelfonso Ixtahuacán,
Departamento de Huehuetenango



Matriz Informativa del bosque "Pozo de Piedra"

- Area total: 6.34 Ha
- Comunidades beneficiarias: Aldea Pozo de Piedra
- Propiedad: Comunal

ESTA PAGINA VA EN BLANCO

Apéndice 2

**Boleta utilizada en el muestreo
para toma de datos en campo**

ESTA PAGINA VA EN BLANCO

BOLETA DE CAMPO

Nombre del Bosque: _____

Municipio: _____ Estrato: _____ Parcela: _____

Datos de árboles

No.	Tipo	Especie	Altura (m)	DAP (cm)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				

Datos de Arbustos

No.	Por largo			Por peso		
	Longitud (m)	Diámetro eje principal (cm)	Diámetro dosel (m)	Peso campo total (g)	Peso muestra campo (g)	Peso muestra seco (g)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						

15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						

Datos de maleza

Peso húmedo de campo (g)	Peso húmedo muestra (g)	Peso seco muestra (g)

Datos de hojarasca

Peso húmedo de campo (g)	Peso húmedo muestra (g)	Peso seco muestra (g)

Datos de Suelo

Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Peso seco fino (g)	Peso carbono (g)

Uso exclusivo laboratorio

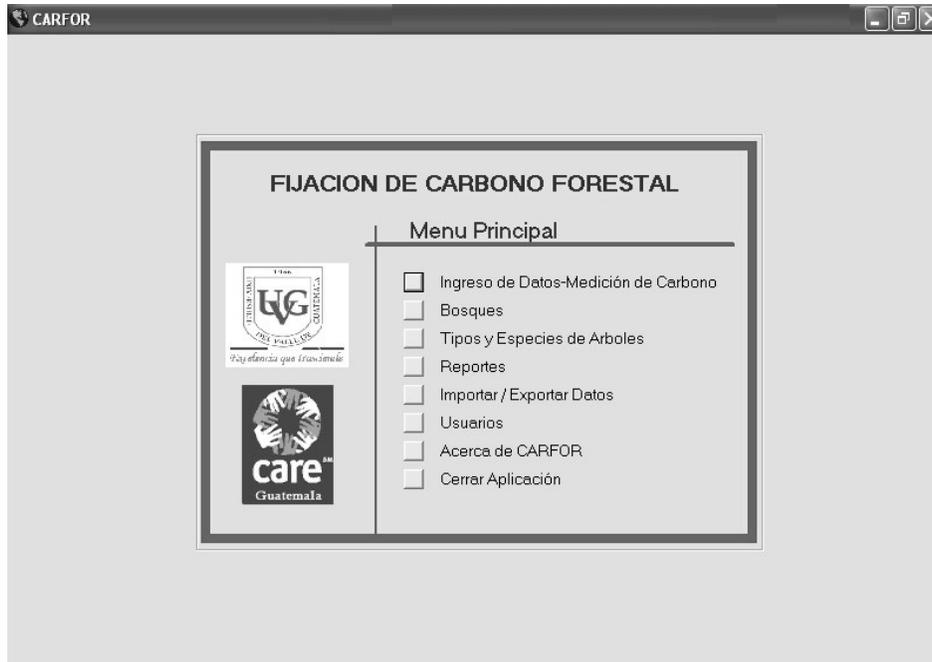
% carbono	Peso seco muestra (g)

Apéndice 3

**Menú principal del Software CARFOR
y fórmulas utilizadas en el CARFOR**

ESTA PAGINA VA EN BLANCO

MENU PRINCIPAL DE SOFTWARE CARFOR



FORMULAS UTILIZADAS EN EL CARFOR

Para coníferas:

FORMULAS

GUARDAR CERRAR

- $Y = e^{a+bD+cH+dH^2+eD^2}$
- $Y = e^{a+bLn(D)}$
- $Y = \frac{a}{1 + be^{cD}}$
- $Y = aD^b$
- $Y = aD^2H + b$
- $Y = a + bD + cD^2$

COEFICIENTES

a: -1.17
b: 2.119
c: 0
d: 0
e: 0

Y = Biomasa (kg)
D = Diámetro a la Altura del Pecho (cm)
H = Altura (m)

Mas Info.

Para latifoliadas:

FORMULAS

GUARDAR CERRAR

- $Y = e^{a+bD+cH+dH^2+eD^2}$
- $Y = e^{a+bLn(D)}$ Coníferas
- $Y = \frac{a}{1 + be^{cD}}$
- $Y = aD^b$
- $Y = aD^2H + b$
- $Y = a + bD + cD^2$

COEFICIENTES

a: -2.134
b: 2.53
c: 0
d: 0
e: 0

Y = Biomasa (kg)
D = Diámetro a la Altura del Pecho (cm)
H = Altura (m)

Mas Info.

ESTA PAGINA VA EN BLANCO

Apéndice 4

Personal que intervino en el estudio “Estimación del contenido de carbono en bosques del altiplano occidental, Reporte de mediciones del año 2004”

ESTA PAGINA VA EN BLANCO

PERSONAL QUE INTERVINO EN EL ESTUDIO

***“Estimación del Contenido de Carbono en Bosques del Altiplano Occidental,
Reporte de mediciones del año 2004”***

PERSONAL DE UNIVERSIDAD DE VALLE GUATEMALA:

Ing. William Arreaga
Inga. Rosa María Aguilar
Inga. Glenda Lee
Ing. Carlos Bonilla
Victor Juárez
Alma Quilo

PERSONAL DE CARE:

T.F. Helio Palacios
Ing. Agr. Roberto Chuc
Dasónomo Rony Arriola
Perito Forestal Robins López

PERSONAL DE OFICINAS FORESTALES:

Personal Técnico Oficina Forestal Huitán
Personal Técnico Oficina Forestal Cabricán
Personal Técnico Oficina Forestal Totonicapán
Personal Técnico Oficina Forestal Santa María Chiquimula
Personal Técnico Oficina Forestal Tejutla
Personal Técnico Oficina Forestal Sipacapa
Personal Técnico Oficina Forestal San José Ojetenam
Persona Técnico Oficina Forestal Cuilco
Personal Técnico Oficina Forestal San Ildefonso Ixtahuacán

PERSONAL DE ALIADOS:

Voluntarios de Cuerpo de Paz
Estudiante Ejercicio Profesional Supervisado CUNOROC: TSMB. Luis Leonardo Martínez.