

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
CARRERA DE AGRONOMÍA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**ESTIMACIÓN DEL CARBONO FIJADO EN LA ZONA NÚCLEO DE LA RESERVA DE
BIOSFERA TRIFINIO (GUATEMALA), UBICADA EN LOS MUNICIPIOS DE
CONCEPCIÓN LAS MINAS Y ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA,
GUATEMALA. 2009**

MARIO DAVID JORDÁN AGUIRRE

INGENIERO AGRÓNOMO

CHIQUIMULA, AGOSTO DE 2010.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMÍA



**ESTIMACIÓN DEL CARBONO FIJADO EN LA ZONA NÚCLEO DE LA RESERVA DE
BIOSFERA TRIFINIO (GUATEMALA), UBICADA EN LOS MUNICIPIOS DE
CONCEPCIÓN LAS MINAS Y ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA,
GUATEMALA. 2009**

Presentado al Honorable Consejo Directivo

Por:

MARIO DAVID JORDÁN AGUIRRE

En el acto de investidura como

**INGENIERO AGRÓNOMO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN,
EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO**

CHIQUIMULA, AGOSTO DE 2010.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMÍA



**ESTIMACIÓN DEL CARBONO FIJADO EN LA ZONA NÚCLEO DE LA RESERVA DE
BIOSFERA TRIFINIO (GUATEMALA), UBICADA EN LOS MUNICIPIOS DE
CONCEPCIÓN LAS MINAS Y ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA,
GUATEMALA. 2009**

MARIO DAVID JORDÁN AGUIRRE

200440282

CHIQUIMULA, AGOSTO DE 2010.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMÍA



RECTOR

LIC. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS

CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE

Presidente :	MSc. Mario Roberto Díaz Moscoso
Secretario:	MSc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
Representantes de docentes	Dr. Benjamín Alejandro Pérez Valdés MSc. Gildardo Guadalupe Arriola Mairén
Representante de egresados:	Ing. Agr. Walter Orlando Felipe Espinosa
Representantes de estudiantes:	PC Edgar Wilfredo Chegüen Herrera PC Giovana Gisela Sosa Linares

COORDINADOR ACADÉMICO

Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón

COORDINADOR CARRERA DE AGRONOMÍA

MSc. José Leonidas Ortega Alvarado

TERNA EVALUADORA

Licda. Mirna Lissett Carranza Archila
Ing. Químico Carlos Enrique Aguilar Rosales
Ing. Agr. David Horacio Estrada Jerez

Chiquimula, agosto de 2010.

Señores
Consejo Directivo
Centro Universitario de Oriente
Ciudad de Chiquimula

Honorables Miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de graduación titulado:

ESTIMACIÓN DEL CARBONO FIJADO EN LA ZONA NÚCLEO DE LA RESERVA DE BIOSFERA TRIFINIO (GUATEMALA), UBICADA EN LOS MUNICIPIOS DE CONCEPCIÓN LAS MINAS Y ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA. 2009

El cual presento como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción, en el grado académico de Licenciado.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Mario David Jordán Aguirre
Carné: 200440282

ACTO DEDICADO A:

Dios, que gracias a los dones, bendiciones y sabiduría que me ha otorgado, he realizado, lo que me he propuesto.

Mi familia, mis padres y hermanos, con quienes he compartido mis triunfos y mis intentos fallidos, alentándome siempre a seguir adelante y no desmayar por difícil que sea el camino.

Mis asesores el Ing. Hugo Villafuerte y al Lic. Milton Cabrera quienes aceptaron amablemente asesorar este trabajo de investigación.

Mis amigos y compañeros de estudios, en este Centro Universitario.

AGRADECIMIENTOS ESPECIALES:

Al Centro Universitario de Oriente -CUNORI-	Centro de estudios superiores que ha forjado mi vida profesional y me ha apoyado en la realización de este estudio
Al laboratorio de Sistemas de Información Geográfica de CUNORI	Donde formé mis conocimientos de SIG. En especial al Ing. Manuel García, quien me compartió sus conocimientos y experiencia para realizar el presente estudio.
Al Centro de Estudios Ambientales de la Universidad del Valle de Guatemala	Por su apoyo en la presente investigación, en especial a la Inga. Alma Quilo y el Dr. Edwin Castellanos.

INDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCIÓN	3
3. MARCO CONCEPTUAL	5
3.1 Antecedentes	5
3.1.1 Plantaciones forestales	5
3.1.2 Bosques latifoliados y mixtos	6
3.1.3 Sistema agroforestal	6
3.1.4 Bosques secundarios	8
3.1.5 Bosques de coníferas y nuboso en Chiquimula	9
3.1.6 Bosques del altiplano occidental de Guatemala	10
3.1.7 Bosques comunales y municipales de cuatro municipios en los departamentos de San Marcos y Huehuetenango	11
3.2 Justificación	14
3.3 Definición y delimitación del problema	15
4. MARCO TEÓRICO	16
4.1 Servicios ambientales	16
4.2 Reducción de emisiones causadas por la Deforestación y la Degradación Ambiental (REDD)	16
4.3 Ciclo del carbono	18
4.4 La fotosíntesis en el proceso de captura de carbono	21
4.4.1 Primeras investigaciones	22
4.4.2 Descripción de las fuentes a medir	23
5. MARCO REFERENCIAL	24
5.1 Ubicación del área de estudio	24
5.2 Características biofísicas del área de estudio	25
5.2.1 Zonas de Vida	25
5.2.2 Clima	26
5.3 Aspectos sociales	27

6. MARCO METODOLÓGICO	28
6.1 Objetivos	28
6.1.1 General	28
6.1.2 Específicos	28
6.2 Descripción de la Metodología	28
6.2.1 Diseño del inventario	29
6.2.2 Diseño del muestreo	30
6.2.3 Tamaño de la muestra	30
6.2.4 Factor de corrección de pendiente	32
6.2.5 Equipo utilizado	33
6.3 Estimación de la biomasa en el campo	33
6.3.1 Vegetación Arbórea	33
6.3.2 Árboles muertos en pie	35
6.3.3 Arbustos	35
6.3.4 Maleza y hojarasca	36
6.3.5 Suelo	36
6.4 Análisis de muestras en laboratorio	36
6.4.1 Material vegetal	36
6.4.2 Suelo	37
6.5 Estimación del potencial para la generación de ingresos	38
6.5.1 FOREST CARBON PARTNERSHIP FACILITY (FCPF)	39
6.5.2 UN-REDD	42
7. RESULTADOS	45
7.1 Carbono fijado en cada ecosistema	45
7.1.1 Área de pastos y cultivos	45
7.1.2 Ecosistema área de arbustos	46
7.1.3 Ecosistema de bosque secundario	47
7.1.4 Ecosistema de bosque primario	49
7.1.5 Densidad de carbono fijado por estratos, de la zona núcleo de la Reserva de biosfera Trifinio.	51
7.2 Potencial del área para la generación de ingresos	53

8. CONCLUSIONES	54
9. RECOMENDACIONES	55
10. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES REALIZADAS	56
11. BIBLIOGRAFÍA	57
12. ANEXOS	61

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	TÍTULO	PÁGINA
1	Ciclo del carbono, que muestra las etapas o procesos en los que participa este elemento en la naturaleza	19
2	Emisiones globales de carbono fósil, con los datos a partir del año 1751-2006.	21
3	Mapa de ubicación de la zona núcleo de la Reserva de Biosfera Trifinio, 2009	24
4	Estratos identificados en la zona núcleo de la Reserva de Biosfera Trifinio, 2009	29
5	Diseño de las parcelas del muestreo a utilizar en el inventario de carbono en la Zona Natural de Reserva de la Reserva de Biosfera Trifinio, 2009	31
6	Distribución de lazos con marcas de radios de parcelas a utilizar en el inventario de carbono en la Zona Natural de Reserva de la Reserva de Biosfera Trifinio, 2009	32
7	Ecosistema del área de cultivos, en la zona núcleo de la Reserva de Biosfera Trifinio, 2009.	45
8	Ecosistema del área de arbustos, en la zona núcleo de la Reserva de Biosfera Trifinio, 2009	46
9	Ecosistema del bosque secundario en la zona núcleo de la Reserva de Biosfera Trifinio, 2009.	48
10	Ecosistema del bosque primario en la zona núcleo de la Reserva de Biosfera Trifinio, 2009.	49

INDICE DE CUADROS

CUADRO	TÍTULO	PÁGINA
1	Valores para el carbono fijado por el sistema agroforestal de hule en Guatemala, en el año 1999.	5
2	Valores de carbono fijado en los bosques latifoliados y mixtos de la Cuenca Sur del Lago de Atitlán, en el año 1999.	6
3	Carbono fijado en usos de la tierra en el municipio de San Juan La Laguna, Sololá, en el año de 1998.	7
4	Carbono fijado en bosques secundarios en la Reserva de la Biósfera Maya en Petén. 2000	8
5	Carbono fijado en bosques de coníferas y nuboso en el departamento de Chiquimula. 2000	9
6	Estimación del carbono fijado en el bosque pino-encino del Gigante, en Chiquimula. 2007	10
7	Estimación del carbono fijado en bosques del altiplano occidental de Guatemala. 2006	11
8	Bosques comunales y municipales de cuatro municipios en el altiplano occidental de Guatemala. 2007	12
9	Comparación de la densidad total de carbono (tC/ha), en diferentes tipos y regiones de bosques en el país.	13
10	Especies vegetales indicadoras del Bosque húmedo subtropical	25
11	Especies vegetales indicadoras del Bosque muy húmedo subtropical.	25
12	Especies vegetales indicadoras del Bosque muy húmedo montano bajo.	26
13	Tamaños de parcelas a utilizar en el inventario de carbono, en la zona natural de reserva, 2009.	31

14	Ecuaciones de biomasa, a utilizar en el inventario de carbono, en la zona núcleo de la Reserva de Biosfera Trifinio, 2009.	34
15	Países que tienen su R-PIN aprobado bajo el marco del FCPF	41
16	Densidad de carbono por variable en el área de cultivos en la Reserva de Biosfera Trifinio, 2010.	46
17	Densidad de carbono por variable en el área de arbustos en la Reserva de Biosfera Trifinio, 2010.	47
18	Densidad de carbono por variable en el bosque secundario en la Reserva de Biosfera Trifinio, 2010.	48
19	Densidad de carbono por variable en el bosque primario en la Reserva de Biosfera Trifinio, 2010.	50
20	Contenido de carbono en la zona núcleo de la Reserva de Biosfera Trifinio, 2010.	51
21	Densidad de carbono (tC/ha) en la zona núcleo de la Reserva de Biosfera Trifinio, 2010.	52

1. RESUMEN

Durante los años noventa, la deforestación y el aprovechamiento forestal en el trópico fueron responsables alrededor del 20 por ciento de las emisiones globales de gases de invernadero. Los incendios forestales aportaron un porcentaje adicional. De hecho, sólo la deforestación en Brasil e Indonesia genera emisiones anuales de carbono que equivalen al 80% de todas las emisiones de carbono que el Protocolo de Kyoto propone reducir durante su primer período de funcionamiento entre 2008 y 2012. Con base a lo anterior, se ha estado haciendo un llamado a los países desarrollados, para que paguen a los países tropicales por conservar la biodiversidad, y fortalecer el apoyo para el Protocolo de Kyoto para evitar la contaminación y reducir el calentamiento global.

Hasta ahora, muchos de los esfuerzos que se han hecho, con el propósito de mantener los bosques, han dado pobres resultados. Sin embargo, la venta de servicios ambientales, principalmente los créditos de carbono, a organismos internacionales, representan una opción para darle valor económico a los bosques, y de esta manera se puedan proteger mejor, a través de los incentivos económicos.

Para poder obtener beneficio económico a cambio de los servicios ambientales, se hace necesario hacer un estudio definido para un área determinada. Para el caso específico de los créditos de carbono, se necesita realizar un inventario de carbono.

La metodología propuesta, como resultado de la experiencia de varios autores, requiere de la toma de datos en el campo de las variables que se identifican a continuación:

1. Árboles
2. Arbustos
3. Malezas
4. Hojarasca
5. Suelo

Al analizar el área, se identificaron cuatro estratos: bosque primario, bosque secundario, área de arbustos y área de cultivos. Los estratos del bosque primario y bosque secundario, fueron los que presentaron en promedio, la retención de carbono más alta, al estimarse 424.87 tC/ha y 386.57 tC/ha, valores que son considerados altos, pero que son justificados al provenir los datos de un bosque nuboso. Para los estratos de arbustos y cultivos, las estimaciones son de 285.73 tC/ha y 71.70 tC/ha respectivamente.

Al relacionar el promedio del carbono fijado/ha de cada estrato con su área respectiva, se determinó un total de 840,824 toneladas de carbono en la zona núcleo de la Reserva, por lo que se procedió a identificar posibles programas, en donde se puede acceder, como son el UN-REDD de las Naciones Unidas y FCPF del Banco Mundial. Actualmente dichos programas se encuentran en proceso, para que en el período post-Kyoto, puedan quedar formalizadas las propuestas para el ámbito de protección de bosques naturales.

2. INTRODUCCIÓN

La tierra está cubierta por una capa de gases que dejan entrar los rayos solares para calentar la superficie de la tierra. Algunos de ellos, llamados gases de efecto invernadero –GEI- impiden el escape del calor hacia el espacio exterior, manteniendo la temperatura de la tierra por encima del punto de congelación, permitiendo así la vida en la tierra. Sin embargo, las actividades antropogénicas han aumentado considerablemente estos gases, principalmente el dióxido de carbono, dando como resultado un aumento progresivo en la temperatura de la tierra, lo cual se conoce con el nombre de cambio climático.

Los árboles a través de la fotosíntesis capturan el dióxido de carbono, indispensable para producir su propio alimento. A través de este proceso se disminuye la cantidad de dióxido de carbono existente en el ambiente. Sin embargo la tala inmoderada de árboles a causa de diversos factores, ha disminuido la capacidad para mantener el ciclo natural del carbono, produciendo un aumento excesivo de CO₂ en el ambiente.

Debido al porcentaje significativo de emisiones globales de gases de efecto invernadero (20%), que representa la deforestación, se ha estado trabajando en los últimos años en ensayos de programas, para proteger los bosques naturales, cuyo enfoque ha sido principalmente, para países tropicales con mayor riesgo de los efectos del cambio climático. En esta lista, Guatemala se encuentra entre las primeras 10 naciones sujetas a los efectos negativos del cambio climático.

Como una contribución a la valoración de bienes y servicios del bosque de la Reserva de Biosfera Trifinio, orientado a programas de mercados voluntarios de carbono, se realizó un inventario del carbono capturado en la zona núcleo de la Reserva, la cual posee una extensión de 2,110 hectáreas, en donde se identificaron cuatro estratos, siendo estos, el bosque primario (1432.6 ha), bosque secundario (442.54), área de arbustos (206.59) y área de cultivos (28.57 ha).

Para la elaboración del inventario se tomaron datos en cada uno de los estratos identificados. Se realizaron 42 unidades de medición, cada una con tres parcelas de distintos tamaños. La parcela de 500 m², se utilizó para la toma de datos de árboles; la parcela de 30 m², para la toma de datos de los arbustos; y la parcela de 1 m², para hojarasca y malezas. Para la distribución de las parcelas se recurrió al muestreo sistemático estratificado.

El estudio fue desarrollado durante los meses de noviembre de 2009 hasta enero de 2010, en la zona núcleo de la Reserva de Biósfera Trifinio (Guatemala) que comprende parte de los municipios de Concepción Las Minas y Esquipulas, del departamento de Chiquimula, la cual cubre una extensión de 2,110 Has, desde la cota 1,800 hasta los 2,418 msnm en su punto más alto, con pendientes escarpadas y terrenos que ofrecen condiciones para el desarrollo de especies forestales.

3. MARCO CONCEPTUAL

3.1 ANTECEDENTES

3.1.1 Plantaciones forestales

En mayo de 1999, Fundación Solar desarrolló un muestreo del carbono fijado por las plantaciones de hule, en Guatemala, para determinar el valor de fijación que tiene este sistema productivo. Esta investigación se hizo para la Gremial de Huleros de Guatemala. Fueron establecidas un total de 6 parcelas circulares de 500 metros cuadrados. En las parcelas se midió el DAP de los árboles, se colectó maleza, hojarasca y suelo (Márquez, 2000).

Cuadro 1. Valores para el carbono fijado por el sistema agroforestal de hule en Guatemala, en el año 1999.

Árboles	Hojarasca	Maleza	Suelos	Raíces	Total (tC/ha)
75	4	0	50	16	145

Fuente: Elementos técnicos para inventarios de carbono, 2000.

Los resultados del muestreo indican que el cultivo de hule contiene alrededor de 145 toneladas de carbono por hectárea (con un rango de ± 15 toneladas). Estos valores representan el resultado obtenido en plantaciones cuyos árboles tienen al menos 5 años en su etapa productiva. Es importante notar que la fuente de mayor importancia como contribuyente al carbono fijado son los árboles y si se desea optimizar el esfuerzo de inventario se podría considerar medir únicamente árboles y en vez de usar parcelas podrían hacerse transectos dentro de las plantaciones (Márquez, 2000).

3.1.2 Bosques latifoliados y mixtos

En septiembre de 1999, se realizó un inventario de carbono en el nivel de pre-muestreo en los bosques maduros de la parte sur del Lago de Atitlán, Sololá, Guatemala (Márquez, 2000). Se investigaron los bosques latifoliados y mixto de la Cuenca Sur del Lago de Atitlán.

Cuadro 2. Valores de carbono fijado en los bosques latifoliados y mixtos de la Cuenca Sur del Lago de Atitlán, en el año 1999.

Bosque	Biomasa arriba del suelo	Biomasa abajo del suelo	Hojarasca	Suelos (10 cms)	Total (tC/ha)
Mixto (n=6)	207	41	43	49	340
Latifoliado (n=15)	287	58	22	42	409

Fuente: Elementos técnicos para inventarios de carbono, 2000.

Para todos los bosques muestreados, la biomasa arriba del suelo es el mayor contribuyente a sus reservas de carbono, debido principalmente al carbono contenido en los árboles. Los resultados indican que el bosque con mayor reserva de carbono es el bosque latifoliado, el cual cuenta con árboles de mayor DAP. El suelo es la segunda fuente de carbono en importancia para los bosques muestreados y es importante notar que los valores presentados sólo reflejan el carbono contenido en los primeros 10 cm de profundidad. Esto indica que los valores de carbono contenido en el suelo pueden aumentar considerablemente al evaluar un perfil más profundo de suelos, que puede aumentar a 30 cm o más (Márquez, 2000).

3.1.3 Sistema agroforestal

En mayo de 1998 Winrock Internacional, realizó un inventario de carbono para el sistema cafetalero del municipio de San Juan La Laguna, Sololá, Guatemala. Este inventario consistió en visitas a doce parcelas de café con sombra, además de determinar la fijación de carbono en el sistema cafetalero, también se determinó el contenido de carbono en usos de la tierra de cultivos anuales (milpa) y tierras degradadas por mucho uso (Márquez, 2000).

Cuadro 3. Carbono fijado en usos de la tierra en el municipio de San Juan La Laguna, Sololá, en el año de 1998.

Uso	Biomasa arriba del suelo	Biomasa abajo del suelo	Hojarasca	Suelos (30 cms)	Total tC/ha)
Café (n=9)	27	4	6	48	85
Tierras degradadas (n=3)	4	0	1	29	34
Cultivos anuales (n=3)	1	0	1	33	35

Fuente: Elementos técnicos para inventarios de carbono, 2000.

Los resultados demuestran que el carbono adicional fijado por el sistema cafetalero respecto de la agricultura anual y las tierras degradadas, se encuentra en los árboles que conforman la sombra del sistema agroforestal. El carbono contenido en el suelo también aumentó con la presencia permanente de árboles y arbustos, pero la diferencia entre el volumen fijado por el sistema agroforestal y aquellos sistemas donde el suelo no cuenta con una cobertura forestal, no son tan diferentes como el carbono en la biomasa arriba del suelo (Márquez, 2000).

Según Márquez (20), una de las recomendaciones que Winrock Internacional plantea cuando el sistema agroforestal cuenta con árboles de gran tamaño dispersos en el sistema y de árboles de menor tamaño introducidos como sombra "tecnificada" es considerar el uso de parcelas concéntricas, utilizando una parcela de mayor radio para medir los árboles de gran tamaño.

En 1997, Lilian Márquez, desarrolló una verificación de campo para determinar la eficiencia de sus métodos en sistemas agroforestales. Esta verificación se llevó a cabo en La Unión, Zacapa, Guatemala. Un total de 30 parcelas de café fueron muestreadas. En esta ocasión el sistema agroforestal contenía cultivo de banano como parte de la sombra para el café. Una ecuación de biomasa fue generada para este cultivo para poder cuantificar su biomasa.

3.1.4 Bosques secundarios

En el año 2000, Edwin Castellanos *et al*, citado por Márquez (20), hicieron mediciones del contenido de carbono de los bosques latifoliados dentro de la Reserva de la Biósfera Maya. La metodología seguida fue desarrollar un inventario de diámetros de árboles en parcelas de medición, con medidas adicionales de hojarasca y suelo. Para obtener los valores de biomasa se utilizaron ecuaciones de biomasa generales (no específicas para el país) para regiones húmedas.

Tomando en cuenta el área de las parcelas establecidas en el inventario se pudo obtener valores de carbono por hectárea. Cada componente de la vegetación fue muestreado en una parcela de tamaño proporcional, siendo todo el inventario desarrollado bajo el esquema de parcelas cuadradas concéntricas. Los sitios de muestreo se localizaron en los alrededores de la comunidad de Carmelita y de la Estación Biológica Las Guacamayas, manejada por la organización Pro Petén (Márquez, 2000).

El promedio mostrado incluye cuatro parcelas realizadas en bosque denominado “bajo” es decir, bosques en áreas inundables. Este tipo de bosque en general mostró valores más bajos de biomasa que los bosques en terrenos no inundables (altos). El total de carbono estimado tiene un rango de variabilidad de ± 70 ton C/ha (Márquez, 2000).

Cuadro 4. Carbono fijado en bosques secundarios en la Reserva de la Biósfera Maya en Petén. 2000

Lugar	Sotobosque	Bosque	Hojarasca	Suelo (10 cms)	Total tC/ha)
Carmelita/Guacamaya (n=14)	14.3	99.9	3.74	81.2	199

Fuente: Elementos técnicos para inventarios de carbono, 2000.

3.1.5 Bosque de coníferas y nuboso en Chiquimula

Edwin Castellanos de la Universidad del Valle de Guatemala, en colaboración con varios investigadores de la Universidad de Indiana y estudiantes del Centro Universitario de Oriente CUNORI, citado por Marquez (20), realizaron un inventario de carbono en algunos bosques de Chiquimula, en el año 2,000. Los sitios visitados fueron los siguientes: las comunidades de Las Cebollas y Tesoro, y las fincas San José y Tachoche. Los bosques en Chiquimula en general son bosques semi-secos en terrenos con fuertes pendientes. En esta área se encuentran bosques de coníferas entre los 500 y 1500 metros sobre el nivel del mar. También se puede encontrar bosque nuboso a elevaciones superiores a los 1,600 msnm.

Las parcelas establecidas se encuentran en el rango de elevación de 942 a 1678 msnm y poseen bosques dominados por pino *Pinus oocarpa*, a excepción del bosque latifoliado de las Cebollas que es del tipo nuboso. Estos son bosques naturales, con doseles abiertos y con diferentes niveles de intervención humana. El inventario se realizó utilizando parcelas cuadradas concéntricas. El total de carbono estimado tiene un rango de variabilidad de ± 50 ton C/ha (Márquez, 2000).

Cuadro 5. Carbono fijado en bosques de coníferas y nuboso en el departamento de Chiquimula. 2000

Lugar	Sotobosque	Bosque	Hojarasca	Suelo (10 cms)	Total tC/ha)
San José (n=51)	6.45	67.1	5.05	31.1	110
Tachoche (n=40)	6.4	64.8	6.79	47.3	125
Tesoro (n=40)	2.3	63.5	2.08	37.5	105
Las Cebollas coníferas (n=19)	4.3	42.6	7.9	36.5	91
Las Cebollas latifoliado (n=15)	7.1	91.2	6.1	71	175

Fuente: Elementos técnicos para inventarios de carbono, 2000.

La Universidad del Valle de Guatemala, a través del Centro de Estudios Ambientales (5), realizó un estudio IFRI en el año 2007, en la región del bosque El Gigante, en donde se incluye también el contenido de carbono del bosque.

Cuadro 6. Estimación del carbono fijado en el bosque pino-encino del Gigante, en Chiquimula. 2007

Estrato	Árboles tC/ha	Arbustos tC/ha	Hojarasca tC/ha	Maleza tC/ha	Suelos tC/Ha	Total tC/ha
Estrato 1	28.13	2.15	3.47	3.39	39.39	76.53
Estrato 2	51.92	2.48	4.93	0.95	29.24	89.52
Estrato 3	55.73	2.62	14.21	0.85	24.77	98.18
Estrato 4	32.65	9.11	15.35	2.2	32.22	91.53

Fuente: Institucionalidad local para el manejo de bosques y agua en comunidades indígenas, 2007.

3.1.6 Bosques del altiplano occidental de Guatemala

Como parte del proyecto Manejo Integrado de Bosques, se suscribió un convenio de cooperación interinstitucional entre la Universidad del Valle de Guatemala y CARE (3) para implementar un sistema de monitoreo que incluía la sistematización de la información y cálculo de tasas de fijación de carbono.

El estudio se realizó en el año 2,004, en 18 bosques de los departamentos de Quetzaltenango, San Marcos, Totonicapán y Huehuetenango, distribuidos en 9 municipios, con un área de 2,458.6 ha.

Cuadro 7. Estimación del carbono fijado en bosques del altiplano occidental de Guatemala. 2006

Bosque	Número de parcelas	Área (ha)	Densidad de Carbono tC/ha	Contenido de Carbono ton/C
Bojonal	23	134.00	87.25	11,691.50
Caxaj	16	79.10	152.71	12,079.36
Cebollín	12	22.60	243.83	5,510.56
Ceñido	15	75.90	208.20	15,802.38
Chalanchac	6	20.30	259.21	5,261.96
Cheosh	4	10.90	96.24	1,049.02
Chiquililá	11	37.50	132.53	4,969.88
Chuamazán	17	85.10	292.34	24,878.13
Empalizada	3	6.90	251.33	1,734.18
Guadalupe	13	31.10	188.43	5,860.17
Ojo de Agua	13	56.50	163.31	9,227.02
Pozo de Piedra	3	6.00	445.13	2,670.78
El Rancho	13	29.20	65.02	1,898.58
Tax	20	140.80	324.15	45,640.32
Temuj	20	316.00	370.30	117,014.80
Ventanas	22	203.20	178.22	36,214.30
Xacaná	9	22.40	112.99	2,530.98
Xesaná	40	1,181.20	421.21	497,533.25

Fuente: Estimación del contenido de carbono en bosques del altiplano occidental de Guatemala, 2006.

3.1.7 Bosques comunales y municipales de cuatro municipios en los departamentos de San Marcos y Huehuetenango.

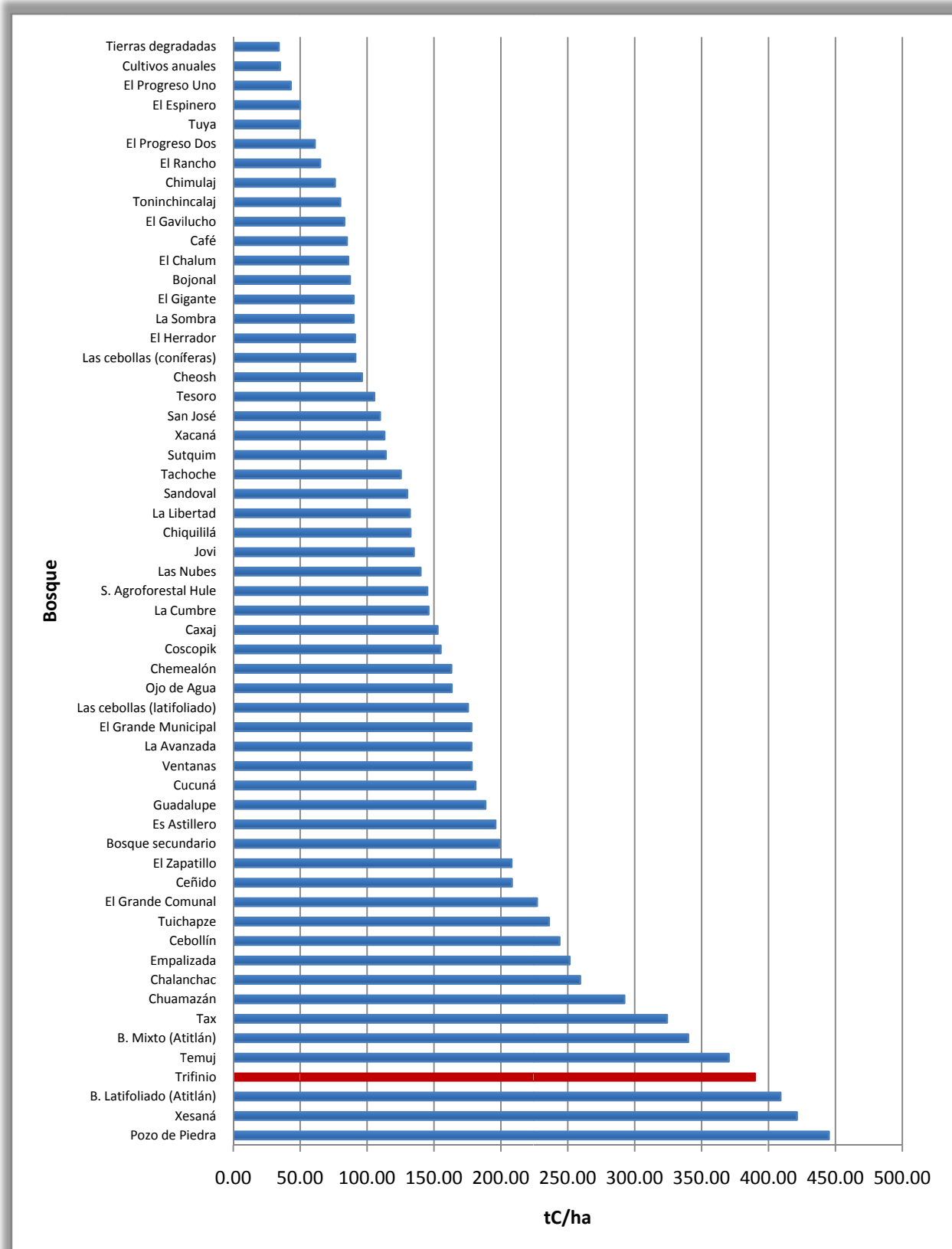
La Universidad del Valle de Guatemala y CARE (2), implementaron una cuantificación de carbono en 25 bosques comunales y municipales ubicados en los departamentos de San Marcos y Huehuetenango en el altiplano occidental de Guatemala, en el año 2,007, como parte del proyecto de CARE MIBOSQUE.

Cuadro 8. Bosques comunales y municipales de cuatro municipios en el altiplano occidental de Guatemala. 2007

Bosque	Número de parcelas	Área	Densidad de carbono tC/ha	Contenido de carbono	Coefficiente de variación
Cucuná	5	17.06	181.00	3,087.86	61
Chemealón	9	47.70	163.00	7,775.10	31
Tuichapze	27	115.70	236.00	27,305.20	34
Toninchincalaj	20	59.70	80.00	4,776.00	17
Sutquim	23	117.00	114.00	13,338.00	98
La Cumbre	40	185.94	146.00	27,147.24	78
La Libertad	5	5.70	132.00	752.40	53
El Grande Comunal	7	23.40	227.00	5,311.80	67
Coscopik	6	7.29	155.00	1,129.95	42
El Zapatillo	6	13.32	208.00	2,770.56	22
Es Astillero	4	4.28	196.00	838.88	39
Las Nubes	17	44.83	140.00	6,276.20	37
El Grande Municipal	20	80.90	178.00	14,400.20	53
El Herrador	36	570.32	91.00	51,899.12	25
Chimulaj	8	47.12	76.00	3,581.12	51
Sandoval	10	132.47	130.00	17,221.10	111
Jovi	36	489.50	135.00	66,082.50	48
Tuya	36	743.20	50.00	37,160.00	43
El Progreso Uno	4	3.39	43.00	145.77	49
El Progreso Dos	10	15.30	61.00	933.30	37
El Espinero	5	3.30	50.00	165.00	45
La Avanzada	16	39.90	178.00	7,102.20	135
El Gavilucho	16	75.90	83.00	6,299.70	50
El Chalum	16	14.30	86.00	1,229.80	33
La Sombra	16	22.13	90.00	1,991.70	36

Fuente: Estimación del contenido de carbono en bosques del altiplano occidental de Guatemala, 2006.

Cuadro 9. Comparación de la densidad total de carbono (tC/ha), en diferentes tipos y regiones de bosques en el país.



Fuente: Elaboración propia, 2010.

El gráfico anterior muestra la importancia de los bosques de la Reserva de Biosfera Trifinio, para la retención de carbono y el impacto que su deforestación y cambio de uso de la tierra, tendría sobre las emisiones de carbono a la atmósfera.

3.2 JUSTIFICACIÓN

Para Guatemala, se contempla que el potencial de desarrollo del sector forestal, es alto, pues del total de la extensión territorial 108,889 Km², el 51.1% del suelo tiene vocación forestal, totalizando 55,642 Km² (Villalta, 2006).

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.

La Reserva de la Biosfera Trifinio, es una de las áreas protegidas más importantes de Guatemala, ya que forma parte de la región Trifinio, zona de confluencia de Guatemala, El Salvador y Honduras para promover el desarrollo local y la conservación de los recursos naturales de dicha región. Es además región de endemismo en el bosque nuboso y contiene muestras de ecosistema nuboso, ecosistema de pino-encino-liquidambar y ecosistema de bosque seco. Esta área protegida, hasta el momento no cuenta con un inventario de carbono, necesario para poder gestionar ingresos económicos como producto de uno de los servicios ambientales que presta. Además se considera como uno de los puntos clave o corazón para la consolidación del Corredor Biológico Mesoamericano.

Considerando lo anteriormente expuesto, a través de este estudio se realizó un inventario de carbono para poder estimar la cantidad de carbono fijado por el bosque, para que pueda ser ofrecido posteriormente a entidades internacionales interesadas en contribuir con el ambiente.

3.3 DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Uno de los problemas ambientales actuales más severos es el cambio climático global asociado al aumento potencial de la temperatura superficial del planeta, como producto del aumento excesivo de los gases de efecto invernadero como son el vapor de agua (H_2O), dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxidos de nitrógeno (N_xO_y), Ozono (O_3) y los clorofluorocarbonos.

Una opción para contrarrestar este problema es la reducción de la concentración atmosférica de estos gases, específicamente dióxido de carbono, a través de su fijación y almacenamiento por medio del crecimiento de árboles y conservación de bosques.

La Reserva de Biosfera Trifinio, es uno de los bosques naturales más importantes en Centroamérica. Fue creada por el acuerdo gubernativo número 939-87, debido a sus originales características ecológicas de flora y fauna de interés a nivel mundial. Las principales asociaciones de árboles presentes en el área son: pino, bosque mixto y bosque latifoliado.

Las investigaciones científicas son necesarias, para que el manejo y conservación de los recursos naturales de la zona núcleo de la Reserva de Biosfera Trifinio, se sustente sobre bases científicas. Por lo que, a través de la estimación del contenido de carbono, se estaría contribuyendo en el desarrollo del área y posteriormente se podrían enfocar esfuerzos para una mejor protección, como producto de la venta de oxígeno a organismos internacionales.

Sin duda alguna la información generada servirá para consolidar y establecer las acciones de manejo efectivo que permitan alcanzar los objetivos de conservación y desarrollo sustentable de los recursos naturales, del Área Protegida Trinacional Montecristo.

4. MARCO TEORICO

4.1 Servicios ambientales.

El esquema de “pago por servicios ambientales” es una estrategia para proyectos de desarrollo sustentable, que se basa en reconocer que los recursos naturales son finitos y tienen valor. Reconociendo en todo caso, que el valor que se les da, es un valor relativo, debido a los incontables beneficios que estos producen para el hombre.

Se consideran como servicios ambientales: captura de carbono, conservación de la diversidad biológica, servicios hídricos y belleza escénica.

El pago por servicios ambientales es entonces un esquema en el que se hacen transacciones entre los oferentes y los compradores o usuarios del servicio ambiental. Estas transacciones pueden hacerse directamente entre comprador y vendedor una vez desarrollado un mercado (los compradores aportan para la conservación y mejoramiento del servicio) o indirectamente cuando el Estado interviene adquiriendo dichos servicios, por medio de impuestos y subsidios.

Es importante señalar que el pago no necesariamente debe expresarse como una operación monetaria, pues también puede traducirse en una mejora de infraestructura (caminos, reservorios de agua, etc.), servicios (postas médicas, escuelas, etc.) o extensión rural (talleres, equipamiento, semillas, etc.). El mecanismo de compensación puede variar desde un pago periódico directo a los proveedores individuales, hasta el establecimiento de un fondo fiduciario manejado por un directorio con participación de los proveedores, usuarios, sector privado, sociedad civil y el estado.

4.2 Reducción de emisiones causadas por la deforestación y la degradación ambiental (REDD)

Desde hace algunos años, varios países iniciaron las discusiones acerca de incluir la deforestación evitada dentro de las actividades para mitigación de emisiones de gases efecto invernadero (GEI), en el marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas

para el Cambio Climático (UNFCCC, por sus siglas en inglés) y el Protocolo de Kyoto, basándose en el supuesto que las emisiones provenientes de las actividades relacionadas con la deforestación, son significativas en la contabilización total de emisiones de GEI. Con el tiempo, se aceptó también que las emisiones derivadas de la degradación de bosques también contribuyen a esta contabilización. Todo esto lo confirma el Cuarto Informe del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), que indica que las emisiones de GEI contabilizadas de la deforestación equivalen al 17% de las emisiones totales, colocándose en el segundo lugar, sólo precedidas por el sector energético (Córdova, 2009).

Es así que a partir de Diciembre de 2005, luego de la COP 13, se ha iniciado el trabajo por parte de todos los países signatarios de la UNFCCC y el Protocolo de Kioto, para llegar a acuerdos sobre la inclusión de actividades orientadas a la reducción de emisiones derivadas de la deforestación y la degradación de bosques, y sobre enfoques metodológicos para la estimación de las mismas y los compromisos que cada una de las partes deberían asumir después del año 2012 y en adelante (Córdova, 2009). El concepto “Deforestación Evitada” que fue manejado al inicio de las discusiones sobre estos temas, evolucionó a lo que actualmente se conoce como actividades o iniciativas para la Reducción de Emisiones causadas por la Deforestación y la Degradación ambiental (REDD).

Los países que poseen bosques naturales y las mayores tasas de deforestación y/o degradación de bosques, son países en vías de desarrollo, con múltiples problemas socioeconómicos que, sin incentivos positivos y apoyos de terceros, les será difícil si no imposible, reducir las tasas de deforestación y degradación de sus bosques. Además, en la actualidad no tienen las estructuras claramente definidas para el flujo de fondos y la distribución de beneficios; muchos además, poseen algunas debilidades respecto a la legislación vigente, y en algunos casos poseen serios problemas de gobernanza. Por todo ello, han surgido varias iniciativas que pretenden apoyar la preparación de los países en desarrollo para acoger programas y beneficios provenientes de los compromisos adquiridos por las Partes para la reducción de las emisiones derivadas de la deforestación y la degradación de bosques (Córdova, 2009).

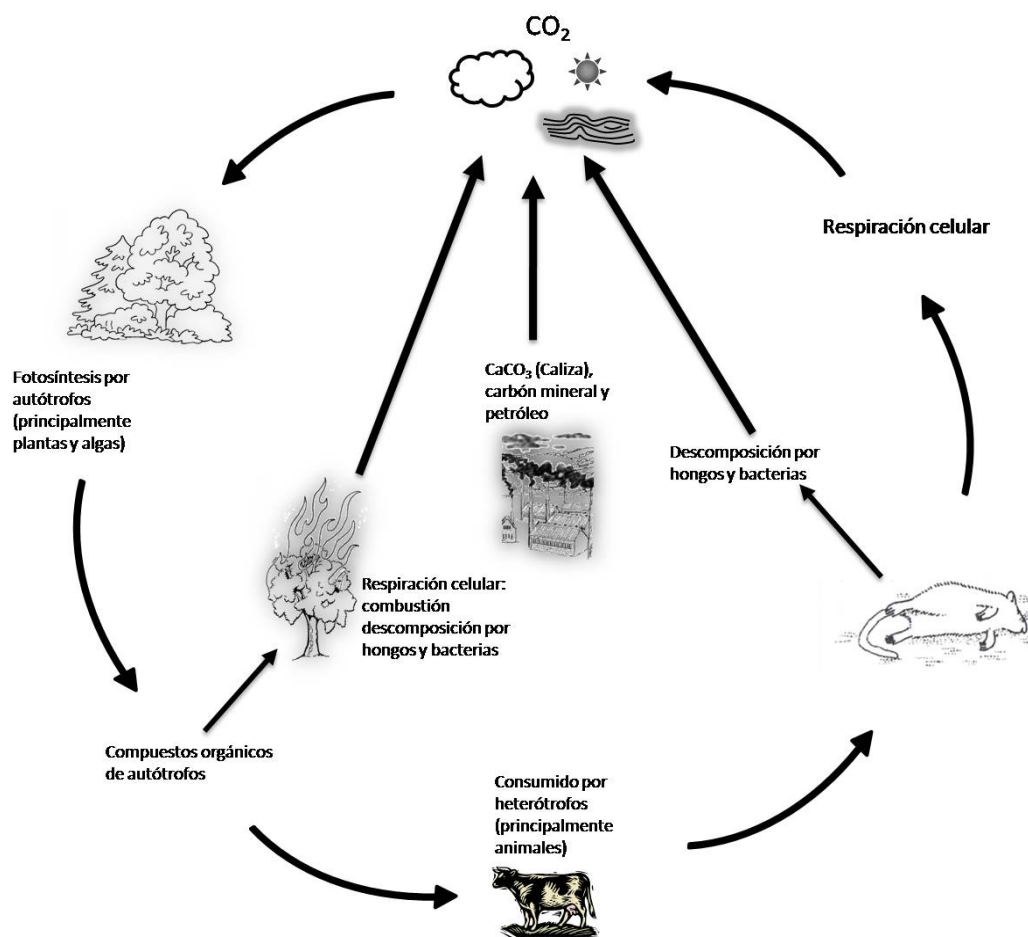
4.3 Ciclo del carbono

Aunque el carbono es un elemento muy raro en el mundo no viviente de la Tierra, representa alrededor del 18% de la materia viva. La capacidad de los átomos de carbono de unirse unos con otros proporciona la base para la diversidad molecular y el tamaño molecular, sin los cuales la vida tal como la conocemos no podría existir (Kimball, 1982). Fuera de la materia orgánica, el carbono se encuentra en forma de dióxido de carbono y en las rocas carbonatadas (calizas, coral). Los organismos autótrofos (especialmente las plantas verdes) toman el dióxido de carbono y lo reducen a compuestos orgánicos: carbohidratos, proteínas, lípidos y otros. Los productores terrestres obtienen el dióxido de carbono de la atmósfera y los productores acuáticos lo utilizan disuelto en el agua (en forma de bicarbonato, HCO_3^-).

En cada nivel trófico de una red alimentaria, el carbono regresa a la atmósfera o al agua como resultado de la respiración. Las plantas, los herbívoros y los carnívoros respiran y al hacerlo liberan dióxido de carbono. La mayor parte de la materia orgánica en cada nivel trófico no es consumida por un nivel trófico superior sino que pasa hacia el nivel trófico final, los organismos de descomposición. Esto sucede a medida que mueren las plantas y los animales o sus partes. Las bacterias y los hongos desempeñan el papel vital de liberar el carbono de los cadáveres o de los fragmentos que ya no podrán utilizarse como alimento para otros niveles tróficos. Mediante el metabolismo de los animales y de las plantas se libera el dióxido de carbono y el ciclo del carbono puede volver a comenzar (Kimball, 1982)

Desde inicios de la era industrial el contenido de dióxido de carbono de la atmósfera ha aumentado gradualmente. Al quemarse cantidades cada vez mayores de carbón mineral, petróleo y gas natural, estamos retornando a la atmósfera el carbono que estaba aprisionado dentro de la Tierra desde hace millones de años. Sin embargo, el aumento del dióxido de carbono atmosférico es sólo algo así como un tercio de la cantidad que podría esperarse según datos bien establecidos sobre el consumo de los combustibles fósiles (Kimball, 1982)

Los investigadores que cultivan plantas en ambientes controlados han demostrado que incrementos moderados en la disponibilidad de dióxido de carbono aumentan la tasa de fotosíntesis (Kimball, 1982). Por lo tanto, parte del dióxido de carbono liberado por el consumo de combustibles fósiles puede haber aumentado la productividad primaria a nivel mundial. Otro sumidero de nuestra producción de dióxido de carbono es el mar. El dióxido de carbono del aire se intercambia fácilmente con el dióxido de carbono disuelto en el mar. A su vez, el dióxido de carbono disuelto está en equilibrio con los depósitos carbonatados del mar. Si se añade más dióxido de carbono al agua marina, el excedente se precipita en forma de sedimentos carbonatados, como el coral y la caliza. También puede suceder lo contrario: al descomponerse estos sedimentos se restablece cualquier reducción que haya podido ocurrir con el dióxido de carbono y al mismo tiempo un amortiguador que ayuda a minimizar los cambios en la concentración del dióxido de carbono.



Fuente: Elaboración propia con base a Kimball, 2009.

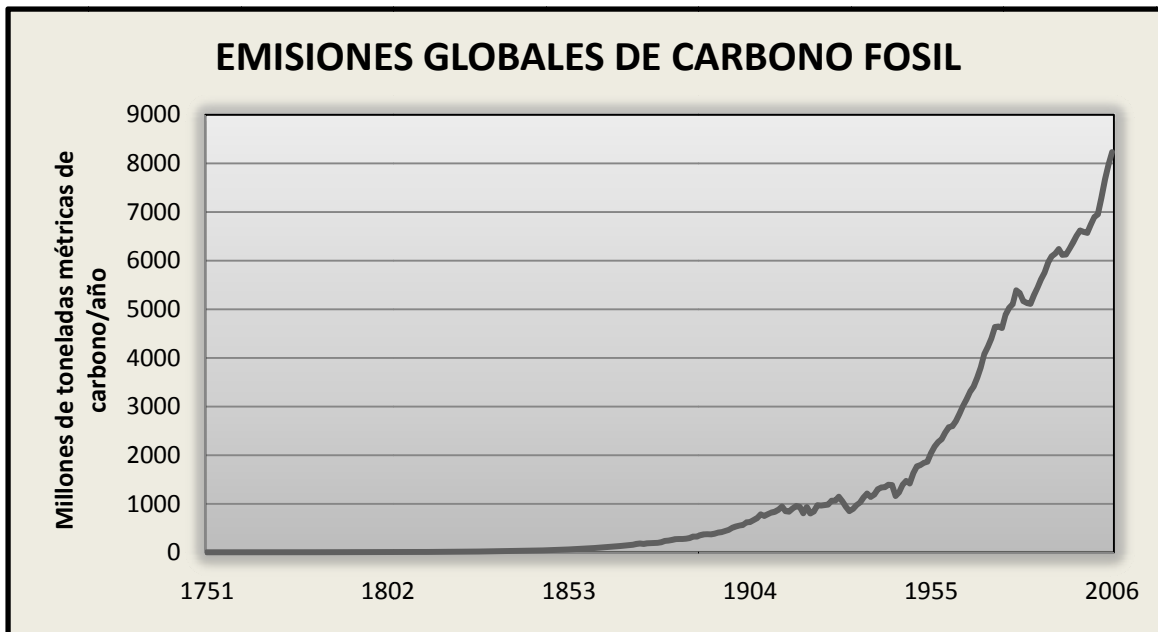
Figura 1. Ciclo del carbono, que muestra las etapas o procesos en los que participa este elemento en la naturaleza.

El efecto invernadero y el cambio climático

El dióxido de carbono como parte de los gases de efecto invernadero (GEI) impide el escape de los rayos calóricos, provenientes de la energía solar. Este es un efecto natural que mantiene la tierra en una temperatura por encima del punto de congelación del agua, permitiendo la vida en la tierra. Pero, el incremento de los gases de efecto invernadero (principalmente dióxido de carbono), desde los tiempos pre-industrializados, el cual se ha elevado de 280 ppm a 375 ppm de CO₂, ha causado un cambio significativo en el ciclo natural, incrementando las temperaturas globales promedios de la tierra, proceso conocido como cambio climático (Márquez, 2000).

Según Martínez (2009), investigaciones recientes en los últimos años demuestran que el cambio climático es un fenómeno irreversible, y como consecuencia de ello se estiman ciertas cifras alarmantes:

- En el 2025, el hombre consumirá el 70 por ciento del agua disponible
- La mitad de humedales del mundo han desaparecido. La mayoría ha sido destruida durante los últimos 50 años
- A causa de la desertificación, 24 billones de toneladas de suelo fértil desaparecen cada año
- En los últimos 20 años, se ha perdido por la sequía una cantidad de tierra fértil equivalente a toda la superficie cultivada de Estados Unidos
- El 60 por ciento de la tierra fértil del planeta, cerca de 3.6 millones de hectáreas, está en proceso de degradación
- Si antes de 1970 el 15% de la superficie terrestre sufría sequía, hoy la proporción alcanza ya 30%
- Las enfermedades relacionadas con la falta de agua causan al año la muerte de unas cinco millones de personas.



Fuente: Elaboración propia en base a Carbon Dioxide Information Analysis Center, 2009.

Figura 2. Emisiones globales de carbono fósil, con los datos a partir del año 1751-2006.

4.4 La fotosíntesis en el proceso de captura de carbono

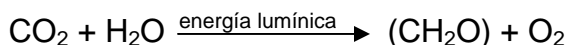
Para la conservación de la vida en las células vegetales o animales se requiere un consumo continuo de energía. Esta energía procede del sol, directa o indirectamente. La existencia de los organismos heterótrofos depende de los organismos autótrofos. Dos de los principales procesos que llevan a cabo las plantas verdes terrestres y en los cuales se utiliza directamente la energía del sol son la transpiración y la fotosíntesis. En esos dos procesos se utilizan grandes cantidades de energía lumínica, pero sólo en la fotosíntesis se almacenan grandes cantidades de este tipo de energía para su futuro consumo. La luz influye también en otros procesos, tales como la floración, la germinación de las semillas, ciertas curvaturas de crecimiento, los movimientos estomáticos y la producción de pigmentos; sin embargo, en esos casos, solamente participan cantidades muy pequeñas de energía solar.

La supervivencia de la vida sobre la Tierra depende de la fotosíntesis, proceso a través del cual la plantas pueden alimentarse para realizar todos sus procesos. El crecimiento de las plantas va acompañado del aumento del contenido de carbono, el cual es absorbido del CO₂ que se encuentra en la atmósfera.

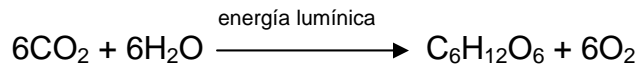
4.4.1 Primeras investigaciones

La primera evidencia sobre la participación de los gases en la fotosíntesis fue anunciada por Joseph Priestley en 1772. Priestley descubrió que si se coloca una planta en una atmósfera desprovista de oxígeno, pronto la planta restituye el oxígeno y un ratón puede sobrevivir en la mezcla. Priestley pensó que el crecimiento de la planta era el causante de la supervivencia del ratón. Fue el médico holandés Ingen-Housz quien en 1778 descubrió que el efecto observado por Priestley solamente ocurría si se iluminaba la planta. Una planta encerrada en una cámara hermética oscura consume oxígeno al igual que lo hace el ratón (Kimball, 1982).

El crecimiento de las plantas está acompañado del incremento en el contenido de carbono. El sacerdote suizo Jean Senebier descubrió que la fuente de este carbono es el dióxido de carbono y que la liberación de oxígeno durante la fotosíntesis acompaña la absorción de dióxido de carbono. Senebier concluyó (erróneamente, como pudo demostrarse más tarde), que en la fotosíntesis el dióxido de carbono se descompone, incorporándose el carbono en la materia orgánica de la planta y produciendo la liberación de oxígeno. En 1804, 32 años después de las primeras observaciones de Priestley, el físico y botánico suizo Nicolas Th. de Saussure, explicó la parte final de la reacción general de la fotosíntesis, cuando observó que el agua participaba en el proceso. Podía explicarse entonces el experimento realizado por van Helmont, cerca de 200 años antes (Kimball, 1982).



El paréntesis que encierra a CH_2O no significa que se está indicando una molécula específica, sino simplemente la proporción en la cual se hallan presentes los átomos en algún carbohidrato; por ejemplo, glucosa, $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$. La ecuación también indica que la proporción del dióxido de carbono consumido con respecto del oxígeno liberado es 1:1. Esta relación de $\text{O}_2/\text{CO}_2 = 1$, se conoce como *cociente fotosintético*. Si se utiliza la glucosa como el carbohidrato producido, podemos escribir la ecuación de la fotosíntesis de la siguiente manera:



4.4.2 Descripción de las fuentes a medir

a) Biomasa arriba del suelo

La biomasa arriba del suelo está compuesta por los árboles, la vegetación arbustiva y la vegetación herbácea. Estos componentes de la biomasa se muestrean en parcelas de proporciones acordes a cada tipo de vegetación.

b) Biomasa abajo del suelo

La biomasa abajo del suelo se refiere a las raíces de la vegetación del ecosistema estudiado. Sin embargo debido al alto costo, se calculará como un 24% de la biomasa de árboles y arbustos. Porcentaje que es tomado de acuerdo a las tablas del IPCC.

c) Hojarasca y materia vegetal muerta

La hojarasca se refiere a vegetación que se encuentra en proceso de descomposición. Al momento de colectarla se debe tener el cuidado de recoger toda la capa de materia en descomposición incluyendo el humus y materia vegetal muerta que no esté en proceso de descomposición aún. La materia vegetal muerta se refiere a árboles muertos a 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.

d) Suelos

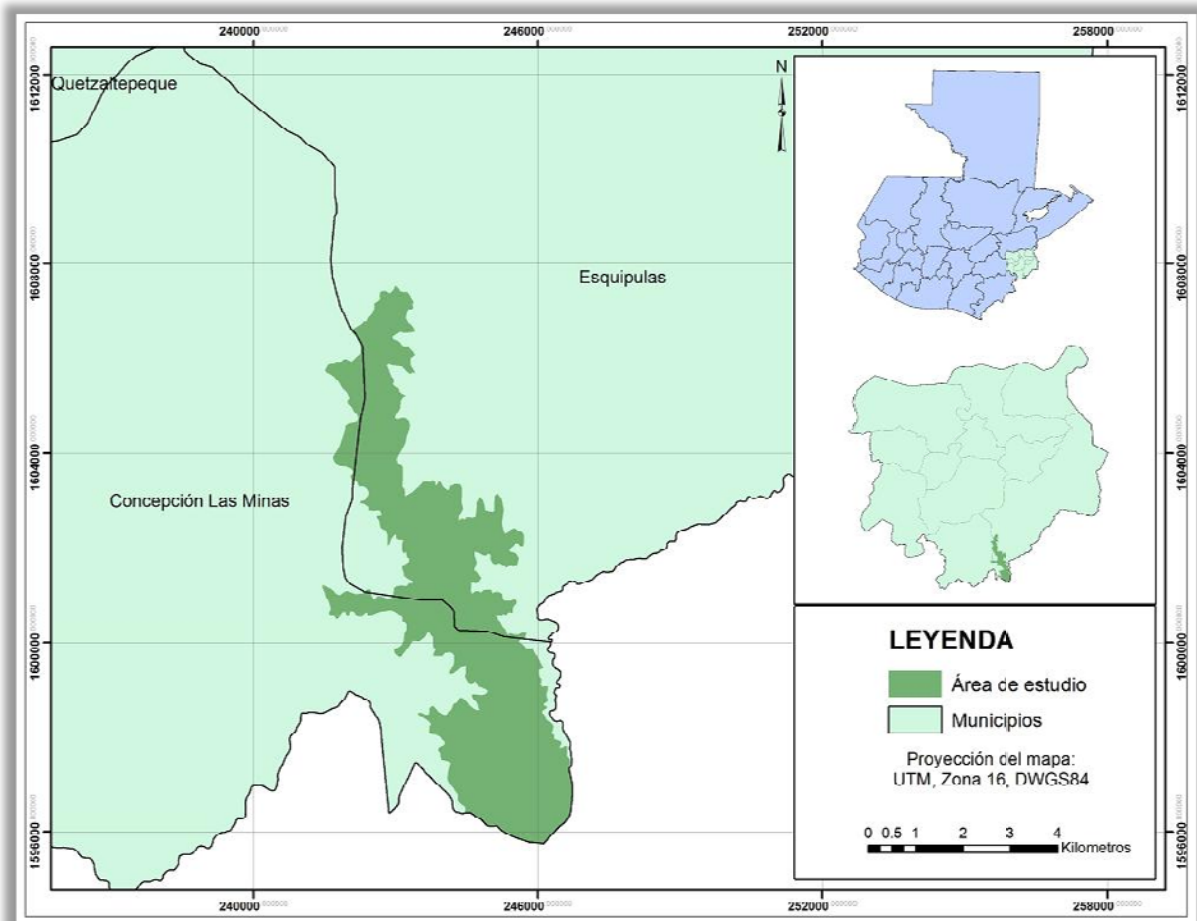
Para la variable suelo se buscará identificar cuál es el contenido de carbono en los primeros 10 cm de profundidad.

5. MARCO REFERENCIAL

5.1. Ubicación del área de estudio

La zona natural de reserva se encuentra ubicada en la jurisdicción de los municipios de Concepción Las Minas y Esquipulas, del departamento de Chiquimula. Abarca una extensión de 2,110.3 hectáreas, de las cuales el 55% pertenecen al municipio de Concepción Las Minas y el 45% al municipio de Esquipulas. Ver anexo 3.

El área se encuentra localizada en el cuadrante definido por las coordenadas: 618000 y 625000 en "X"; y, 1595000 y 1607000 en "Y" (Sistema Coordinado GTM, Zona 15.5, Datum WGS84).



Fuente: Elaboración propia en base a información del SIG Chiquimula, CUNORI, 2009.

Figura 3. Mapa de ubicación de la zona núcleo de la Reserva de Biosfera Trifinio, 2009.

5.2. Características Biofísicas del Área de Estudio

5.2.1 Zonas de vida

El área de estudio comprende tres zonas de vida, según el mapa de Zonas de Vida elaborado por el MAGA; el bosque húmedo Subtropical (templado) -bh-S(t)-; el Bosque muy húmedo subtropical (frio) -bmh-S(f)-; y el bosque muy húmedo montano bajo -bmh-MB-. La Zona Natural de Reserva se caracteriza por tener precipitaciones anuales entre los 1,500 a 1,700 milímetros (mm) y con temperaturas que varían entre los 16 y 19 °C. Entre las especies indicadoras de estas zonas de vida se encuentran:

Cuadro 10. Especies vegetales indicadoras del Bosque húmedo subtropical

Nombre Científico	Nombre Común
<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba
<i>Tabebuia rosea</i>	Matilisguate
<i>Cordia alliodora</i>	Laurel
<i>Gliricidia sepium</i>	Madre cacao
<i>Enterolobium cycloarpum</i>	Conacaste
<i>Cecropia peltata</i>	Guarumo
<i>Cochlospermum vitifolium</i>	Castaño

Fuente: Plan de manejo integrado del área protegida trinacional Montecristo, 2005.

Cuadro 11. Especies vegetales indicadoras del Bosque muy húmedo subtropical

Nombre Científico	Nombre Común
<i>Quercus pendularis</i>	Roble, encino
<i>Quercus hondurensis</i>	Roble, encino
<i>Pinus oocarpa</i>	Pino de ocote

Fuente: Plan de manejo integrado del área protegida trinacional Montecristo, 2005.

Cuadro 12. Especies vegetales indicadoras del Bosque muy húmedo montano bajo

Nombre Científico	Nombre Común
<i>Quercus tristis</i>	Roble, encino
<i>Pinus pseudostrobus</i>	Pino triste
<i>Pinus ayacahuite</i>	Pino
<i>Abies religiosa</i>	Pinabete, ciprés

Fuente: Plan de manejo integrado del área protegida trinacional Montecristo, 2005.

5.2.2 Clima

El área de estudio tiene una extensión relativamente pequeña, en cuanto a variaciones significativas en el clima. Su rango altitudinal va desde los 1,800 hasta los 2,418 msnm en su punto más alto, lo que da como resultado que las condiciones climáticas no varíen mucho entre las partes bajas, medias y altas que componen el área de estudio.

El régimen de lluvia presenta una estación seca (de noviembre a abril) y otra lluviosa (de mayo a octubre) bien definidas, ocurriendo durante julio y/o agosto una “canícula” en la cual la lluvia disminuye significativamente. En abril se presenta la transición de la época seca a la lluviosa y en noviembre la transición inversa (Comisión trinacional del Plan Trifinio, 2005).

De acuerdo con los modelos climáticos generados por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación de Guatemala; la precipitación en el área propuesta para el estudio varía entre los 1,500 y los 1,700 mm anuales, aunque estas estimaciones no consideran ciertas situaciones microclimáticas que causan que los valores mencionados en este apartado parezcan demasiado conservadores.

5.3 Aspectos Sociales

El área de estudio se encuentra en la jurisdicción de los municipios de Concepción Las Minas y Esquipulas, por lo que está influenciada directamente por los pobladores de dichos municipios.

La población económicamente activa (PEA), en Concepción Las Minas, se estima en un rango entre 66% y 80%, mientras que Esquipulas presenta la PEA es de 49% y 56%. Estas variaciones de los rangos se debe fundamentalmente a la estacionalidad de los ciclos agrícolas y a la disponibilidad de la mano de obra (Comisión trinacional del Plan Trifinio, 2005).

Según el XI censo nacional de la población y el VI de habitación 2002, la población de Concepción Las Minas y Esquipulas asciende a 11,989 y 41,746 respectivamente (Comisión trinacional del Plan Trifinio, 2005).

Como toda población humana demanda de su entorno varios recursos para su supervivencia y desarrollo, la interacción humano-naturaleza puede crear un desbalance entre las partes, en primer lugar en forma negativa hacia a los recursos naturales involucrados, y por último hacia la propia sociedad humana. Por lo que la parte social es un parámetro que no se debe olvidar al momento de considerar los factores que afectan un proyecto.

6. MARCO METODOLOGICO

6.1. OBJETIVOS

6.1.1 General

- Generar información sobre la cantidad de carbono fijado en los ecosistemas de la zona núcleo de la Reserva de Biosfera Trifinio, ubicada en los municipios de Concepción Las Minas y Esquipulas, departamento de Chiquimula, Guatemala; para apoyar los procesos de gestión del desarrollo sostenible.

6.1.2 Específicos

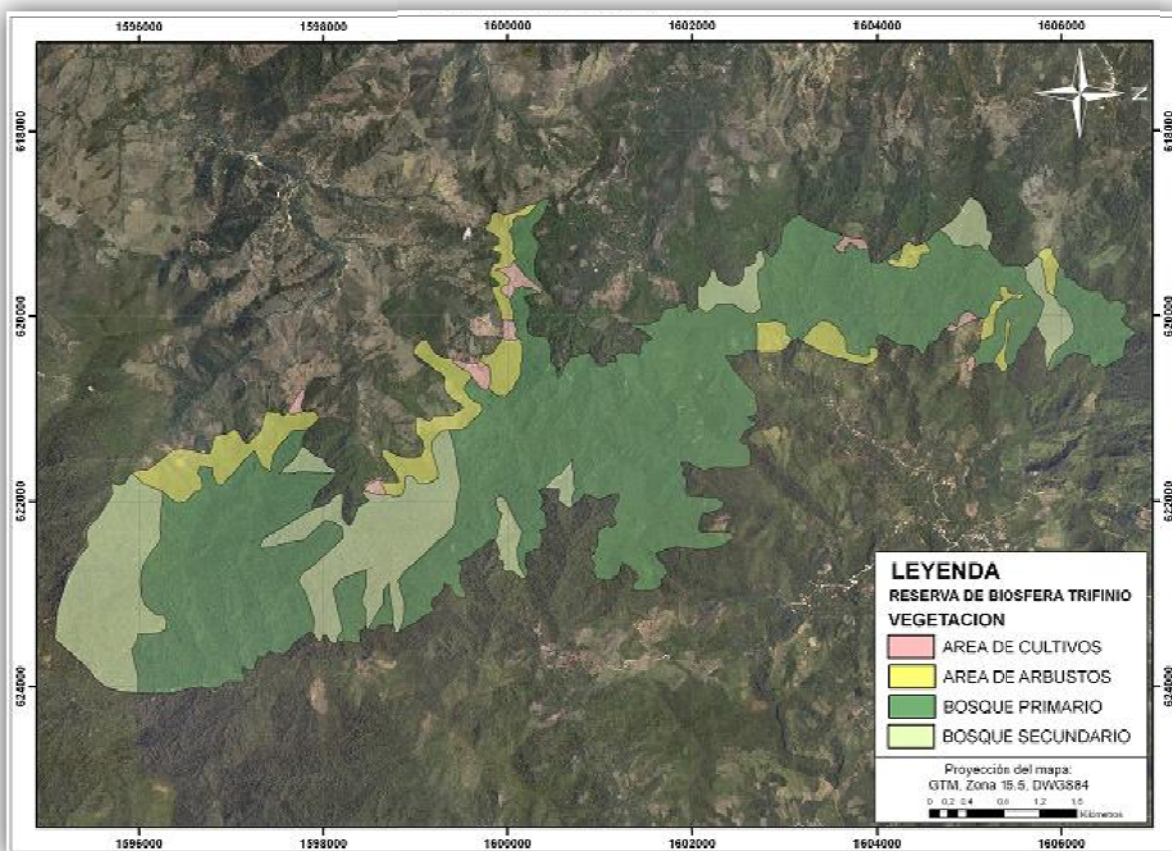
- Estimar la cantidad de carbono fijado en los ecosistemas de la zona núcleo de la Reserva de Biósfera Trifinio, para que la información se utilice como línea base en la formulación de proyectos orientados a la gestión del financiamiento que permita la conservación y protección de los recursos naturales.
- Determinar el potencial que tiene el área para generar ingresos económicos a través del servicio ambiental de captura de carbono.

6.2 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

La metodología propuesta para llevar a cabo esta investigación, reúne las consideraciones y experiencias 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.

6.2.1 Diseño del inventario

Para el desarrollo del inventario se utilizaron parcelas concéntricas circulares, excluyendo la zona de amortiguamiento y la zona de usos múltiples de la Reserva de Biósfera Trifinio. El proceso del inventario de carbono consistió primeramente, en estratificar la zona núcleo de acuerdo a los ecosistemas predominantes. Dicha estratificación se realizó analizando las fotografías aéreas del año 2006, en donde se clasificó el bosque de acuerdo al tipo de vegetación existente. Seguidamente se agruparon los estratos homogéneos, y con la ayuda del software ArcGis 9.2, se calculó el área total. Los estratos que se pudieron identificar son 4: **Bosque primario**, caracterizado principalmente por bosque virgen; **bosque secundario**, caracterizado por bosque regenerado; **área de arbustos**, caracterizada por áreas que han sido cultivadas en los últimos años, y no se ha regenerado el bosque, y; **área de cultivos**, caracterizada por áreas, cuyo uso actual es la siembra de granos básicos o pasto para ganado.



Fuente: Elaboración propia en base a información del SIG Chiquimula, CUNORI, 2009.

Figura 4. Estratos identificados en la zona núcleo de la Reserva de Biosfera Trifinio, 2009.

6.2.2 Diseño del muestreo

Se utilizó una intensidad de muestreo del 0.1%, del total del área. Para la distribución de las parcelas se recurrió el muestreo sistemático estratificado, para lo cual se determinó el área total de cada grupo de estratos homogéneos, y se le calculó el número de parcelas dentro de cada estrato, las cuales fueron distribuidas de acuerdo al tamaño de los mismos, quedando 28 parcelas para el bosque primario, 9 para el bosque secundario, 4 para el área de arbustos y 1 para el área de cultivos (Anexo 4). La ecuación que se utilizó para calcular el número de parcelas es la siguiente:

$$N = A * \%M * (10,000/T)$$

Donde:

N = Número de parcelas por estrato

A = Área total de estratos homogéneos (Ha)

%M = Porcentaje de muestreo

T = Tamaño de parcela (m²)

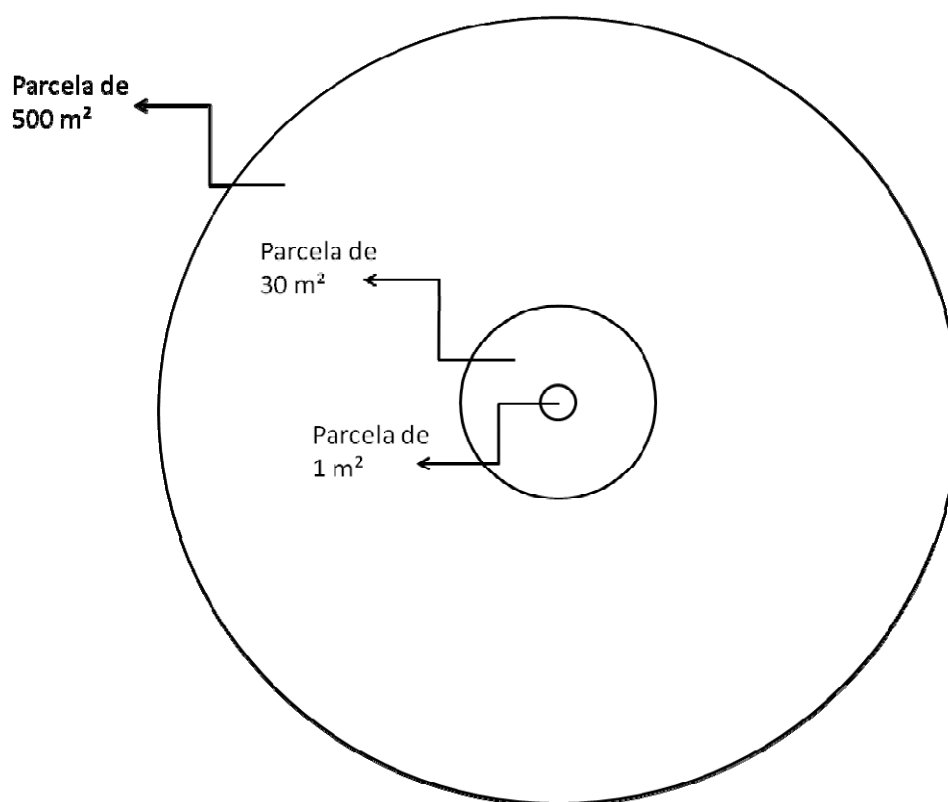
6.2.3 Tamaño de la muestra

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 pretende 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). El muestreo comprendió la incorporación de sub-parcelas anidadas dentro de la parcela grande de la siguiente forma: para el muestreo de fustales (individuos mayores a 10 cm de DAP), se utilizaron parcelas de 500 m²; para arbustos y latizales (individuos entre 1 y 9.9 cm de DAP), parcelas de 30 m²; y para malezas y brinzales, parcelas de 1 m², pudiendo variar sus dimensiones dependiendo del factor de corrección por la pendiente del terreno. Para la delimitación de la parcela se utilizaron 8 lazos que tenían como base el centro de la parcela, los cuales se distribuyeron a 45° uno del otro y llevaron consigo marcas con los radios de cada una de las parcelas.

Cuadro 13. Tamaños de parcelas a utilizar en el inventario de carbono, en la zona natural de reserva, 2009.

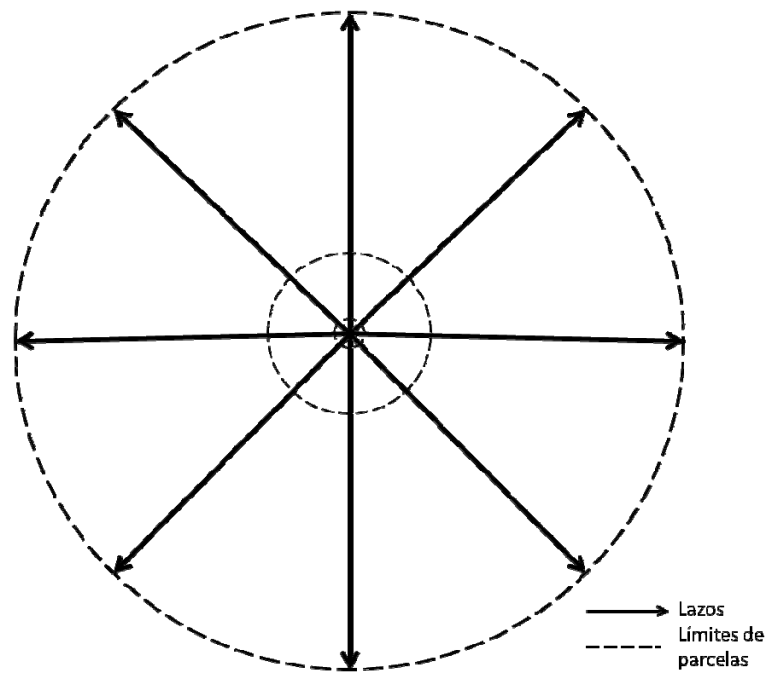
Vegetación a muestrear	Superficie en m ²	Radio de la parcela en metros
Fustales	500	12.6157
Latizales	30	3.0902
Brinzales	1	0.5642

Fuente: Elaboración propia, 2009.



Fuente: Elaboración propia, 2009.

Figura 5. Diseño de las parcelas de muestreo a utilizar en el inventario de carbono en la Zona Natural de Reserva de la Reserva de Biosfera Trifinio, 2009.



Fuente: Elaboración propia, 2009.

Figura 6. *Distribución de lazos con marcas de radios de parcelas a utilizar en el inventario de carbono en la Zona Natural de Reserva de la Reserva de Biosfera Trifnio, 2009.*

6.2.4 Factor de corrección de pendiente

Debido a que gran parte del bosque muestreado presenta pendientes elevadas, se hace necesario tomar en consideración el factor de corrección de pendiente, el cual deberá aplicarse modificando el radio de las parcelas descritas. La ecuación que se utilizó para calcular el nuevo radio es la siguiente:

$$RC = r/\cos A$$

Donde:

RC = Radio Corregido

r = radio de la parcela

cos A = Coseno del ángulo de la pendiente del terreno

6.2.5 Equipo utilizado

Para realizar el inventario de carbono se utilizó el siguiente equipo:

- Material cartográfico con ubicación de las parcelas y sus coordenadas
- Lazos
- Lápices, marcadores, sacapuntas
- Formulario de campo
- Equipo de primeros auxilios, linternas, repelente de insectos
- Equipo para lluvia
- Bolsas Ziploc para muestras de hojarasca, vegetación y suelos
- Cilindro para muestreo de suelos y un martillo
- Cinta métrica
- Cinta diamétrica
- Brújula
- Etiquetas
- Clinómetro CST Abney de 5 1/4" de largo
- Balanzas de precisión PESOLA de 1Kg y de 5Kg
- Sierra para podar
- Pala para colecta de hojarasca
- Bolsa de plástico para coleccionar y homogenizar muestras
- GPS Garmin 60CSx

6.3. ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA EN EL CAMPO

6.3.1 Vegetación arbórea

La biomasa de los árboles se calcula a través de ecuaciones generadas por varios autores. Estas pueden requerir que conozcamos uno o más datos, por ejemplo, DAP, altura y densidad de la madera. A estos datos se les llama variables. Se utilizaron 2 ecuaciones para latifoliadas: una para *Quercus sp.* y otra para las latifoliadas restantes. Además de estas ecuaciones, se utilizaron ecuaciones para coníferas y para palmas.

Cuadro 14. Ecuaciones de biomasa a utilizar en el inventario de carbono, en la zona núcleo de la Reserva de Biosfera Trifinio, 2009.

ESPECIE	ECUACIÓN	Rango de DAP (cm)	FUENTE	R ²
Latifoliadas	$Y = \exp(-2.289 + 2.649 \cdot \ln(D) - 0.021 \cdot (\ln(D))^2)$	5-148	Winrock, 2005	0.98
Quercus spp.	$Y = 0.1773 \cdot (D)^{2.2846}$	11-45	CEA UVG, 2006	0.86
Coníferas	$Y = 0.1377 \cdot (D)^{2.4038}$	5-52	CEA UVG, 2009	0.94
Palmas	$Y = 6.666 + (12.826 \cdot H^{0.5}) \cdot \ln(H)$	33 metros altura máxima	Winrock, 2005	75

Fuente: Elaboración propia, 2010.

Donde:

Latifoliadas

Y = Biomasa en kilogramos

D = Diámetro a la altura del pecho (1.37 m) en centímetros

exp [...] = "e" elevado a la potencia de [...]

ln = logaritmo natural

Quercus sp., Coníferas y Palmas

Y= Biomasa en kilogramos

D= Diámetro de altura al pecho (1.3m) en centímetros

H= Altura en metros

ln = logaritmo natural

Café

Y = Biomasa en gramos

a = 0.67134058

b = 0.00072208395

c = 0.40531445

H = Altura en metros

Musas

Y = Biomasa en gramos

a = 185.1209

b = 881.9471

H = Altura en metros

El valor de la biomasa en kilogramos se divide dentro de 1,000 para obtener toneladas. La teoría indica que en promedio, la materia vegetal contiene un 50% de carbono, una vez se ha removido el agua. Entonces, las toneladas de biomasa se multiplican por 0.5 para obtener toneladas de carbono. El valor de carbono se divide dentro de la superficie de la parcela de muestreo (en m²) para obtener tC/m². Al multiplicarlo por 10,000 m²/ha se obtienen tC/ha.

Para los árboles que se encuentren en el límite de la parcela, si más de la mitad del tronco se encontró dentro de la parcela, se tomó en cuenta; si más de la mitad del tronco se encontró fuera de la parcela, entonces no se tomó en cuenta. Si el límite de la parcela coincidió con el centro del árbol, se tomó uno, cada 2 árboles en las mismas condiciones.

6.3.2 Árboles muertos en pie

Para árboles muertos en pie, se midió diámetro y altura normal, y se aplicaron las fórmulas que se utilizan para la vegetación arbórea, pero el resultado obtenido de la ecuación elegida sólo se consideró el 70%. Porcentaje que ha sido estimado como el promedio de la biomasa restante de un árbol seco, el cual no posee hojas ni ramillas.

6.3.3 Arbustos

Para la estimación de este reservorio, se elegían de 2 a 3 arbustos que fueran representativos de la parcelas y se les midió el diámetro, altura y el peso total. Seguidamente se tomaba una muestra pequeña, que fuera representativa de los arbustos, y se tomaba su peso en el campo y su peso seco en laboratorio, esto con la finalidad de generar una ecuación específica para los arbustos del Trifinio. A los arbustos restantes se les tomó el diámetro y altura

6.3.4 Maleza y hojarasca

Para estos dos reservorios se realizaron procedimientos similares, para la estimación del carbono. La colecta de estos materiales se hizo en la parcela de 1 m², dentro de la parcela de 500 m².

El procedimiento que se realizaba en cada parcela es el siguiente: se reunía toda la maleza colectada y se tomaba el peso húmedo total. Seguidamente se homogenizaba la muestra y tomaba una submuestra, de tal forma que se llenara una bolsa de cierre hermético de 18 cm x 20 cm, la cual debería de estar debidamente enumerada e identificada. Se repitió este procedimiento para la hojarasca.

6.3.5 Suelo

Las muestras de suelos se tomaron en el centro de las parcelas. Se utilizó un cilindro liso de acero inoxidable de 2 pulgadas de diámetro y 4 pulgadas de alto, para recoger el suelo en los primeros 10 centímetros.

Se tenía cuidado de limpiar bien el área, para evitar hojarasca o raíces en la muestra. Seguidamente, se introducía el cilindro a presión, hasta que se introdujera completamente en el suelo. Luego se sacaba el cilindro cuidadosamente, el cual traía consigo la tierra. Después de extraer la muestra contenida en el cilindro, se tomaba el peso húmedo del suelo y se guardaba en una bolsa de cierre hermético debidamente enumerada e identificada.

6.4. ANÁLISIS DE MUESTRAS EN LABORATORIO

6.4.1 Material vegetal

Para la determinación de la materia seca de la maleza en el laboratorio, se sometieron las muestras en un horno convencional de secado, a una temperatura de 60° C, durante 48 horas. Se registró el peso después de secado, para obtener la materia seca, la cual es el cociente entre el peso seco y el peso húmedo. Se hizo el mismo procedimiento para la hojarasca, y para muestras de arbustos.

$$\mathbf{Ms = Ps/Ph}$$

Donde:

Ms = Materia seca

Ps = Peso seco de la muestra

Ph = Peso húmedo de la muestra

Para convertir el peso total en campo a biomasa se utilizó la siguiente ecuación:

$$\mathbf{Bt = Phc*Ms}$$

Donde:

Bt = Biomasa total seca (Kg)

Phc = Peso húmedo total en campo (Kg)

Ms = Materia seca

El resultado de la ecuación anterior se debe multiplicar por 0.5 para obtener carbono.

6.4.2 Suelo

Una de las variables necesarias para la determinación de carbono en suelos es la densidad aparente. Para estimarla se utilizó el método del cilindro del volumen conocido el cual consiste en secar las muestras a temperatura ambiente y bajo sombra durante 48 horas. Posteriormente se registra su peso en el laboratorio para que junto con el volumen ya determinado del cilindro, se obtenga la densidad aparente, de la muestra de suelo. La ecuación que se utilizó es la siguiente:

$$\mathbf{Da = Ps/Vol}$$

Donde:

Da = Densidad aparente del suelo (g/cc)

Ps = Peso seco (g)

Vol = Volumen del cilindro (cc)

En lo referente a la determinación de carbono orgánico de las muestras de suelo, se procedió a analizarlas en el laboratorio de la Universidad del Valle de Guatemala utilizando el analizador Thermo Finnigan FLASH EA 1112. La ecuación que se utilizó para determinar el carbono en el suelo, fue la siguiente:

$$Cs = Prof * Da * \%C.O$$

Donde:

Cs = Carbono total en el suelo en los primeros 10 cms

Prof = Profundidad del muestreo (cm)

Da = Densidad aparente (g/cc)

%C.O = Porcentaje del contenido de carbono orgánico en el suelo

6.5 ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL PARA LA GENERACIÓN DE INGRESOS

La conservación y buen manejo de bosques conlleva otros beneficios además de la retención del carbono almacenado, tal como la conservación de biodiversidad, fuentes de agua, entre otros.

En la actualidad no hay estructuras claramente definidas para el flujo de fondos y la distribución de beneficios, derivados de la protección de bosques naturales. Han surgido varias iniciativas que pretenden apoyar la preparación de los países en desarrollo para acoger programas y beneficios provenientes de los compromisos adquiridos por las Partes para la reducción de las emisiones derivadas de la deforestación y la degradación de bosques. Muchos, poseen algunas debilidades respecto a la legislación vigente, y en algunos casos poseen serios problemas de gobernanza (Córdova, 2009).

Existen dos iniciativas, que son las más conocidas y en operación, que son el Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques (conocido como FCPF por sus siglas en inglés) del Banco Mundial y el UN-REDD, promovido por tres organismos de Naciones Unidas.

6.5.1 FOREST CARBON PARTNERSHIP FACILITY (FCPF) – BANCO MUNDIAL

Los bosques proporcionan muchos servicios a los seres humanos y al mundo natural, llegando a un amplio consenso respecto de una verdad simple, aunque profunda: los bosques son más valiosos cuando están en pie que cuando son talados. Y este consenso dio lugar a la creación del Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques (FCPF, por su sigla en inglés), en el seno del Banco Mundial (Córdova, 2009).

El FCPF consta de dos mecanismos independientes; cada mecanismo tiene su propio fondo fiduciario cuyo depositario es el Banco Mundial.

a) El mecanismo de preparación (Readiness Mechanism).

Las actividades de preparación incluyen: i) la formulación de una estrategia nacional sobre REDD; ii) la creación de un escenario de referencia para las emisiones derivadas de la deforestación y la degradación, basado en las emisiones históricas recientes y, posiblemente, la elaboración de un modelo de las emisiones futuras; y iii) la creación de un sistema de seguimiento de las emisiones y las reducciones de emisiones (Córdova, 2009).

Con el mecanismo de preparación, el FCPF también se propone experimentar y aprender sobre métodos para crear escenarios de referencia y creación de sistemas para el monitoreo de las reducciones de emisiones. Los métodos para establecer escenarios de referencia, que dependerán de las circunstancias de cada país, se basarán en los niveles de emisiones en el pasado y considerarán, en cierta medida, un pronóstico de las emisiones futuras.

Toda la preparación en sí, pretende establecer el marco necesario para lograr reducciones de emisiones efectivas y verificables (Córdova, 2009). Para esto, será preciso realizar reformas básicas a estructuras existentes en los países así como inversiones en el sector forestal y otros sectores que influyen en los bosques .

El primer paso que deben dar los países interesados es presentar al FCPF una “Nota de idea del plan de preparación”, conocida como R-PIN (Readiness Plan Idea Note) por sus siglas en inglés. Luego de que este es aprobado por el FCPF, entonces son sujetos de una financiación de US\$200,000.00 para la elaboración del Plan de preparación, conocido como R-PLAN (Readiness Plan).

Inicialmente el FCPF planteó colaborar con 20 países en la etapa de preparación; sin embargo, basado en las promesas de donaciones al fondo, hasta ahora un total de 37 países tienen aprobado su R-PIN, aunque sólo 25 de ellos lograron financiamiento total o parcial por la disponibilidad de fondos (Córdova, 2009).

Los países que aparecen numerados del 1 al 20 en el cuadro 15, fueron los primeros en tener su R-PIN aprobado, por lo que accedieron a financiamiento de hasta US \$3.6 millones, para elaboración e implementación del R-PLAN.

Los países del 21 al 25 obtuvieron financiamiento por US \$200,000.00 para elaborar el R-PLAN, aunque están pendientes de obtener mayor financiamiento para su implementación.

El resto de países, entre los cuales se encuentra Guatemala, están pendientes de financiamiento por parte del FCPF u otros, ya que la disponibilidad de fondos está agotada a la fecha y las promesas de ampliar dicho fondo no se han hecho efectivas aún.

El FCPF ha invitado a los países a buscar por su parte, ayudas de otros donantes y fondos, e incluso de ser posible fondos propios, para iniciar la preparación del R-PLAN. Además del apoyo financiero, el FCPF también ofrece asesoría técnica para esta etapa de preparación a los países miembros (Córdova, 2009).

Cuadro 15. Países que tienen su R-PIN aprobado bajo el marco del FCPF

1. Bolivia	13. Madagascar	26. Camboya
2. Camerún	14. México	27. República Central Africana
3. Colombia	15. Nepal	28. Chile
4. Costa Rica	16. Panamá	29. El Salvador
5. República Democrática del Congo	17. Paraguay	30. Guinea Ecuatorial
6. Etiopía	18. Perú	31. Guatemala
7. Gabón	19. Papúa Nueva Guinea	32. Honduras
8. Ghana	20. Vietnam	33. Indonesia
9. Guyana	21. Argentina	34. Mozambique
10. Kenya	22. Nicaragua	35. Surinam
11. Lao PDR	23. República del Congo	36. Tanzania
12. Librería	24. Uganda	37. Tailandia
	25. Vanuatu	

Fuente: Elaboración propia, en base a Lorena Córdova, 2010.

- b) El mecanismo de financiación de carbono (Carbon Finance Mechanism). Algunos de los países que hayan participado con éxito en el mecanismo de preparación serían seleccionados para participar en forma voluntaria en el mecanismo de financiamiento del carbono, a través del cual el FCPF establecerá en forma experimental pagos de incentivos en unos cinco países en desarrollo (Córdova, 2009).

De acuerdo con montos estipulados en contratos negociados, el Fondo de Carbono pagará a los países elegidos toda reducción verificable de emisiones que supere el escenario de referencia. A través de estos pagos, se pretende ofrecer un incentivo para alcanzar la sostenibilidad a largo plazo en el financiamiento de programas de conservación y ordenación de el manejo de los bosques. De esta manera, se espera contribuir a la reducción de los impactos negativos en el clima mundial, derivados de la deforestación y la degradación de los bosques (Córdova, 2009).

Para tener éxito, el FCPF procurará encauzar los pagos de incentivos hacia las esferas en que sean más necesarios, como poblaciones más pobres que viven en los bosques, pueblos indígenas, etc. En todos los casos, el gobierno nacional asumirá el papel principal en el compromiso de reducir las emisiones (13). Aunque el FCPF es principalmente un instrumento de mitigación del cambio climático, al diseñar los programas de REDD se deben tomar precauciones para no perjudicar a los habitantes locales y el medio ambiente; y, cuando sea posible, incrementar los medios de subsistencia y mejorar el medio ambiente local.

El mecanismo de financiamiento del carbono analizará la posibilidad de financiar y probar una amplia gama de enfoques en diversos países (Córdova, 2009). Entre estos, i) medidas de reforma jurídica y política macroeconómica en el sector de la conservación y ordenación de los bosques y/o estrategias de uso de la tierra; ii) pagos por servicios ambientales; iii) creación de parques y reservas; e iv) intensificación de la agricultura en áreas agrícolas (mejora de productividad).

6.5.2 UN – REDD

El Programa Colaborativo de Naciones Unidas para REDD, mejor conocido como UN-REDD, surgió de las solicitudes hechas por los gobiernos de países que poseen bosques tropicales, respecto a asuntos relacionados con bosques y cambio climático, a través de la cooperación y coordinación con otros gobiernos y organizaciones. El objetivo del Programa UN-REDD es asistir a los países en desarrollo que poseen recursos forestales para adquirir experiencia en el manejo de los riesgos de formulación y construcción de estructura de pagos, generando los flujos requeridos de transferencia de recursos para reducir las emisiones globales de la deforestación y degradación de bosques (Córdova, 2009).

La meta, a corto plazo, es evaluar si las estructuras de pago y el apoyo a la construcción de capacidades pueden crear los incentivos que aseguren que la reducción de emisiones es real, duradera, alcanzable, confiable y medible, mientras se mantienen y mejoran otros servicios ambientales que los bosques proveen.

Para estos efectos se creó un fondo de múltiples donantes en julio de 2008 que permite la agregación de recursos y el financiamiento de las actividades de este programa. El UN-REDD tendrá dos componentes: el primero, dirigido a ayudar a los países en desarrollo en la preparación en implementación de estrategias nacionales y mecanismos de REDD; el segundo componente, está dirigido a apoyar el desarrollo de normas y enfoques estándar para un instrumento de REDD vinculado a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. El programa brindará capacidades a los países para manejar sus procesos REDD y facilitará el acceso a asistencia, financiera y técnica, diseñada a la medida de sus necesidades. En este sentido, las acciones nacionales son identificadas y dirigidas por el gobierno anfitrión, y apoyadas por el equipo de Naciones Unidas en el país. Los gobiernos deberán determinar también los roles de las organizaciones participantes, así como sus propias responsabilidades y contribuciones a las estrategias nacionales de REDD. (Córdova, 2009)

Las acciones a nivel nacional serán diseñadas como Programas Conjuntos, y deben ser lo suficientemente flexibles para armonizar con otras iniciativas REDD dentro del país y poder beneficiarse de las ventajas comparativas de las Organizaciones de Naciones Unidas participantes (Córdova, 2009).

6.5.2.1 Principios del Programa UN-REDD

Este programa se basará en los cinco principios interrelacionados del Grupo de Naciones Unidas para el Desarrollo (UNDG, United Nations Development Group), estos principios han sido acordados por los miembros de Naciones Unidas, y son:

- Planificación basada en los derechos humanos, con referencia particular a los Acuerdos sobre Asuntos de los Pueblos Indígenas del UNGD.
- Equidad de género
- Sostenibilidad Ambiental
- Manejo basado en resultados
- Desarrollo de Capacidades

Además, cada Organización de las Naciones Unidas:

- Trabaja sobre sus fortalezas comparativas
- Facilita la cooperación, en base a la experiencia de organizaciones nacionales e internacionales que actúan como ejecutores, para asegurar acciones coordinadas y en tiempo
- Contribuirá activamente a la coordinación y seguimiento de las tendencias principales del país, evitando la duplicación de esfuerzos con otras iniciativas REDD.

6.5.2.2 Áreas de apoyo del Programa

El apoyo que este programa brinda puede variar, dependiendo de las causas de deforestación, el potencial de reducciones, el nivel de preparación para REDD, y otros factores de riesgo(13). Dentro de las áreas de apoyo se encuentran:

- Análisis de situación y necesidades y construcción de alianzas
- Preparación para monitoreo y evaluación (línea base y escenarios de referencia, desarrollo de capacidades para monitoreo y evaluación, entre otras)
- Desarrollo de un diálogo REDD en el país (reuniendo a todos los actores involucrados para asegurar toma de decisiones representativas)
- Desarrollo de una estrategia nacional para REDD
- Apoyo en la implementación de medidas para REDD
- Manejo de datos de REDD
- Diseño de estructuras de pago de incentivos (financiamiento)
- Distribución de pagos por REDD (búsqueda de esquemas justos y adecuados para el país o para cada área)

7. RESULTADOS

En concordancia con la metodología descrita en los capítulos anteriores, se procedió a agrupar las parcelas según el estrato al que pertenecen, mostrando un cuadro de datos para cada uno de los estratos encontrados, ya que sus resultados son distintos. Al final se presenta un cuadro comparativo del carbono fijado entre los distintos estratos determinados, y el carbono fijado por la totalidad del área.

7.1 CARBONO FIJADO EN CADA ECOSISTEMA

Para que la estimación del carbono capturado, fuera más exacta, se identificaron y analizaron por separado, los cuatro estratos encontrados en la zona núcleo de la Reserva de Biosfera Trifinio, los cuales se describen a continuación:

7.1.1 Ecosistema de cultivos

Representa el área más pequeña de la zona núcleo de la Reserva de Biosfera Trifinio, con 1.35% del área total. La mayor parte se encuentra en los bordes del área núcleo, donde el uso principal de los suelos es la ganadería y cultivos anuales.



Figura 7. *Ecosistema del área de cultivos, en la zona núcleo de la Reserva de Biosfera Trifinio, 2009.*

Cuadro 16. Densidad de carbono por variable en el área de cultivos, en la Reserva de Biosfera Trifinio, 2010.

Parcela	Suelos (tC/ha)	Árboles (tC/ha)	Arbustos (tC/ha)	Hojarasca (tC/ha)	Maleza (tC/ha)	Densidad total de carbono por parcela (tC/ha)
AC1	69.609	0	0	0.000	2.093	71.702

Fuente: Datos de campo, 2009.

La densidad total de carbono fijado para el área de cultivos, es baja, al presentar un total de 71.70 toneladas de carbono por hectárea, ascendiendo a 2,049 toneladas de carbono en todo el estrato. Esto se debe principalmente a la ausencia de árboles y arbustos que son las variables que generalmente presentan datos más elevados en un bosque latifoliado o mixto.

7.1.2 Ecosistema de arbustos

Este estrato comprende un área de 206.59 hectáreas, que representa el 9.79% del total del área de la zona núcleo de la Reserva de Biosfera Trifinio. Son áreas en donde la cobertura forestal fue talada ya sea para cultivos, pastos o para aprovechamiento forestal y posteriormente fueron dejadas en abandono, no hace muchos años.



Figura 8. Ecosistema del área de arbustos en la zona núcleo de la Reserva de Biosfera Trifinio, 2009.

Cuadro 17. Densidad de carbono por variable en el área de arbustos en la Reserva de Biosfera Trifinio, 2010.

Parcela	Suelos (tC/ha)	Árboles (tC/ha)	Arbustos (tC/ha)	Hojarasca (tC/ha)	Maleza (tC/ha)	Densidad total de carbono por parcela (tC/ha)
AD1	64.153	0.000	57.386	2.060	0.181	123.780
AD2	42.834	514.883	31.441	6.535	0.135	595.828
AD3	89.243	160.054	13.597	1.552	0.120	264.565
AD4	44.161	0.000	111.802	1.565	1.204	158.732
Promedio	60.098	168.734	53.557	2.928	0.410	285.727
Desviación estándar	21.740	242.787	42.791	2.416	0.530	215.225

Fuente: Datos de campo, 2009.

En dos de las cuatro parcelas muestreadas, se encontraron árboles con un DAP promedio de 13.16 centímetros. Esto, junto con el aporte significativo de los arbustos y el de los suelos, elevan a 250.69 toneladas de carbono por hectárea, para el ecosistema de arbustos. Valor que puede considerarse normal al pertenecer la región a un bosque latifoliado. Este estrato aporta un total de 51,791 toneladas de carbono fijado.

Es importante notar, los valores elevados que se muestran de la desviación estándar. Esto, debido principalmente a que el área de arbustos, incluye áreas con árboles dispersos y áreas sin árboles. En el muestreo, se encontraron dos parcelas con árboles y dos parcelas con ausencia de ellos, por lo que la desviación estándar es incluso mayor que el promedio.

7.1.3 Ecosistema de bosque secundario

El ecosistema de bosque secundario posee un área de 442.54 hectáreas, las cuales representan un 20.97% del total del área de la zona núcleo de la Reserva de Biosfera Trifinio. Son áreas en donde el material vegetal y forestal han sido intervenidos por la acción humana, ya sea total o parcialmente, pero, con el transcurrir del tiempo, se ha regenerado nuevamente la cobertura forestal.



Figura 9. Ecosistema del bosque secundario en la zona núcleo de la Reserva de Biosfera Trifinio, 2009.

Cuadro 18. Densidad de carbono por variable en el bosque secundario en la Reserva de Biosfera Trifinio, 2010.

Parcela	Suelos (tC/ha)	Árboles (tC/ha)	Arbustos (tC/ha)	Hojarasca (tC/ha)	Maleza (tC/ha)	Densidad total de carbono por parcela (tC/ha)
BS1	28.997	296.980	30.816	1.819	0.394	359.006
BS2	43.021	646.269	51.216	3.077	0.245	743.828
BS3	47.676	244.545	41.894	3.273	0.161	337.549
BS4	49.164	384.062	53.527	4.323	0.329	491.405
BS5	55.796	251.326	34.703	3.185	0.252	345.262
BS6	33.949	318.484	70.565	2.079	0.348	425.425
BS7	65.385	92.691	18.114	3.600	0.116	179.906
BS8	63.475	278.472	39.469	12.420	0.034	393.870
BS9	48.396	110.256	43.207	0.872	0.175	202.906
Promedio	48.429	291.454	42.612	3.850	0.228	386.573
Desviación estándar	12.175	162.615	14.946	3.377	0.117	166.395

Fuente: Datos de campo, 2009.

Para el estrato del bosque secundario se realizaron nueve parcelas, en donde se encontró una densidad de 787 árboles por hectárea, con una DAP promedio de 23.96

centímetros. De todas las variables medidas, los árboles presentaron el mayor aporte de carbono fijado, al mostrar 304.46 tC/ha, seguido por los suelos con 48.43 tC/ha, los arbustos con 35.39 tC/ha, la hojarasca con 3.85 tC/ha y la maleza con 0.23 tC/ha. La densidad total es de 392.36 toneladas de carbono por hectárea, aportando 173,633 toneladas, que representa el 21% del carbono fijado por la zona núcleo de la Reserva de Biosfera Trifinio.

7.1.4 Ecosistema de bosque primario

Este ecosistema representa la mayor extensión del bosque de la zona núcleo de la Reserva de Biosfera Trifinio, con un 67.87% del área total. Son áreas vírgenes, en donde la acción antropogénica ha sido escasa o nula, presentado la mayor diversidad de flora y fauna. Se encuentra a largo de toda la zona núcleo.



Figura 10. Ecosistema del bosque primario en la zona núcleo de la Reserva de Biosfera Trifinio, 2009.

En este estrato se realizaron 28 parcelas, encontrando una densidad de 986 árboles por hectárea, con un DAP promedio de 23.41 centímetros. Al igual que en el bosque secundario, los árboles continúan siendo el principal almacén de carbono fijado, al presentar 333.11 tC/ha, seguido por los suelos con 50.98 tC/ha, los arbustos con 29.20 tC/ha, la hojarasca con 2.42 tC/ha y la maleza con 0.328 tC/ha. La densidad total es de 416.03 tC/ha, aportando 596,002 toneladas, que representa el 72.38% del carbono fijado por la zona núcleo de la Reserva de Biosfera Trifinio.

Cuadro 19. Densidad de carbono por variable en el bosque primario, en la Reserva de Biosfera Trifinio, 2010.

Parcela	Suelos (tC/ha)	Árboles (tC/ha)	Arbustos (tC/ha)	Hojarasca (tC/ha)	Maleza (tC/ha)	Densidad total de carbono por parcela (tC/ha)
BP1	45.059	369.775	34.616	1.725	1.043	452.218
BP2	47.290	293.346	37.444	2.056	0.146	380.282
BP3	44.347	349.428	31.568	2.831	0.243	428.416
BP4	41.167	522.295	51.453	1.853	0.374	617.142
BP5	66.720	778.343	40.019	2.588	0.748	888.418
BP6	73.618	458.309	51.571	2.822	0.235	586.555
BP7	41.412	153.778	50.495	3.263	0.187	249.133
BP8	46.303	100.987	32.447	3.318	0.138	183.193
BP9	61.081	361.147	17.959	1.461	0.080	441.727
BP10	38.968	689.137	10.286	2.600	0.203	741.194
BP11	42.246	218.150	63.378	5.215	0.131	329.120
BP12	64.314	370.212	23.135	3.319	0.199	461.179
BP13	54.978	242.405	24.052	2.104	0.077	323.617
BP14	42.177	337.049	25.482	2.352	0.326	407.387
BP15	34.693	422.167	17.352	1.387	0.804	476.403
BP16	58.019	263.255	30.101	2.450	0.117	353.942
BP17	37.717	243.681	19.289	2.116	0.094	302.897
BP18	50.029	138.921	56.741	1.841	0.073	247.605
BP19	52.652	237.134	29.719	3.335	2.717	325.556
BP20	49.131	187.918	39.328	1.849	0.118	278.344
BP21	91.690	137.717	21.684	1.680	0.024	252.795
BP22	41.708	241.466	31.235	3.487	0.092	317.988
BP23	45.988	113.409	25.778	1.536	0.076	186.786
BP24	47.675	173.971	50.058	2.374	0.133	274.211
BP25	42.013	136.300	28.917	2.460	0.215	209.905
BP26	59.914	427.429	64.829	0.722	0.168	553.062
BP27	34.080	665.037	65.578	1.127	0.281	766.104
BP28	72.347	757.963	27.059	3.764	0.147	861.279
Promedio	50.976	335.383	35.770	2.415	0.328	424.873
Desviación estándar	13.383	195.926	15.403	0.942	0.525	198.764

Fuente: Datos de campo, 2009.

7.1.5 Densidad de carbono fijado en los ecosistemas de la zona núcleo de la Reserva de Biosfera Trifinio

El bosque primario que representa el 67.89% del bosque, muestra una densidad de 416.03 tC/ha, por lo que es el área del bosque con mayor densidad de carbono. Le sigue el bosque secundario con una densidad de 392.035 tC/ha, que representa un 20.97% del total del bosque; el área de arbustos con una densidad de 250.69 tC/ha, que representa un 9.79% del total del bosque y el área de cultivos con una densidad de 71.71 tC/ha, que representa un 1.35% del total del bosque.

Cuadro 20. Contenido de carbono en la zona núcleo de la Reserva de Biosfera Trifinio, 2010.

Estrato	Área (ha)	Suelos (tC/ha)	Árboles (tC/ha)	Arbustos (tC/ha)	Hojarasca (tC/ha)	Maleza (tC/ha)	Densidad de carbono (tC/ha)	Contenido total de Carbono por estrato (tC)
Bosque Primario	1432.60	50.976	335.383	35.770	2.415	0.328	424.87	608,674
Bosque Secundario	442.54	48.429	291.454	42.612	3.850	0.228	386.57	171,074
Área de arbustos	206.59	60.098	168.734	53.557	2.928	0.410	285.73	59,028
Área de cultivos	28.57	69.609	0.000	0.000	0.000	2.093	71.70	2,048
Contenido de Carbono en la Zona Natural de Reserva (tC)								840,824

Fuente: Elaboración propia, 2010.

Los árboles son los componentes del ecosistema que presentan el mayor contenido de carbono en todos los estratos. Es seguido por la variable suelos, con datos que van desde los 48.43 tC/ha en el bosque secundario, hasta las 69.61 tC/ha en área de cultivos. Para la variable arbustos, se presentan datos que varían desde 35.77 tC/ha en el bosque primario, hasta 53.56 tC/ha en el área de arbustos. En la variable hojarasca, se muestran datos desde 2.42 tC/ha en el bosque primario, hasta 2.93 tC/ha en el área de arbustos. Para la variable malezas se muestran datos desde 0.23 en el bosque secundario, hasta 2.09 tC/ha en el área de cultivos.

Los valores de la desviación estándar de los estratos son altos, sin embargo, según investigaciones de Castellanos (2006) y Flores (2006), aún aumentando el porcentaje de muestreo, pueden permanecer altos estos valores, debido a la variabilidad de los bosques naturales.

Cuadro 21. Densidad de carbono (tC/ha) en la zona núcleo de la Reserva de Biósfera Trifinio, 2010.

Estrato	Area (ha)	Porcentaje de área del estrato	Densidad de carbono (tC/ha)	Aporte de estratos a la densidad total (tC/ha)
Bosque Primario	1432.6	67.89	424.87	288.43
Bosque Secundario	442.54	20.97	386.57	81.07
Área de arbustos	206.59	9.79	285.73	27.97
Área de cultivos	28.57	1.35	71.70	0.97
Densidad de carbono en la Zona Natural de Reserva (tC/ha)				398.44

Fuente: Elaboración propia, 2010.

Tomando como referencia la densidad de carbono de cada estrato, y en base al porcentaje de área de cada uno, la zona núcleo de la Reserva de Biosfera Trifinio tiene una densidad de 398 tC/ha, dato que lo posiciona como un bosque con alto contenido de carbono, al comparar los datos con los estudios presentados como antecedentes. Sin embargo, puede justificarse su densidad alta al provenir los datos de un bosque nuboso, que posee árboles de buen tamaño y que la mayoría han alcanzado su estado de madurez.

Debido a la variabilidad de las especies arbustivas, las fórmulas generadas presentaron un coeficiente de correlación bajo, por lo que se utilizaron las ecuaciones generales, en el cálculo de la biomasa para arbustos.

7.2 POTENCIAL DEL ÁREA PARA LA GENERACIÓN DE INGRESOS

La zona núcleo de la Reserva de Biosfera Trifinio, presenta potencial para sumarse a la red de bosques que poseen datos de fijación de carbono, los cuales podrán ser utilizados como línea base para gestionar proyectos y/o recursos, que permitan conservar mejor los recursos naturales del área.

En el ámbito internacional, existen dos iniciativas promovidas por el Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques (conocido como FCPF por sus siglas en inglés) del Banco Mundial y el UN-REDD, que integran tres organismos de Naciones Unidas, las cuales están en proceso de aprobación.

Además, existe el mercado voluntario de créditos de carbono, en donde empresas internacionales comprometidas con el ambiente pueden adquirir los créditos, a través de un proceso, que se hace directamente entre el propietario del bosque y el oferente. Actualmente CARE Guatemala, está asesorando un proyecto, de varios bosques del altiplano occidental de Guatemala, con este propósito. Los bosques dentro de este proyecto, tienen una densidad alrededor de 275 tC/ha. y se estiman ingresos netos de \$37/ha/año.

La zona núcleo de la Reserva de Biosfera Trifinio, podría ingresar en el mercado voluntario de créditos de carbono. Si tomamos como referencia el proyecto promovido por CARE, donde el precio por tonelada de carbono que fijan los ecosistemas se estima en \$0.13455, se puede generar un ingreso neto aproximado de \$110,000/año, a través de las 840,824 toneladas de carbono fijado en la zona núcleo.

El informe de la última Conferencia Internacional sobre Cambio Climático, que se celebró en Copenhague, Dinamarca, en diciembre de 2009; se incluye a Guatemala entre los primeros 10 países más vulnerables al cambio climático en el mundo y en contraposición únicamente produce el 0.04% del total mundial de los gases de efecto invernadero, lo cual es una buena justificación para acceder en el futuro a gestionar los recursos necesarios para conservar y proteger los recursos naturales que son patrimonio de la humanidad.

8. CONCLUSIONES

- La densidad de carbono fijado en los ecosistemas de bosque primario, bosque secundario, área de arbustos y cultivos de la zona núcleo de la Reserva de Biosfera Trifinio; es de 424.87 tC/ha, 386.57 tC/ha, 285.73 tC/ha. y 71.70 tC/ha, respectivamente, lo que permitió determinar un promedio general de 398 tC/ha, que es un indicador del alto potencial que tiene el área para la fijación de carbono, principalmente por la predominancia de ecosistemas conformados por bosques nubosos y árboles maduros de especies latifoliadas.
- La cantidad de carbono fijado en la zona núcleo de la Reserva de Biosfera Trifinio (Guatemala), se estima en 840,824 toneladas, distribuidas en 608,674 tC en el bosque primario; 171,074 tC en el bosque secundario; 59,028 tC en el área de arbustos y 2,048 tC en el área de cultivos, lo que puede generar ingresos por \$110,000/año a través del mercado voluntario de créditos de carbono, que pueden invertirse en la conservación y protección de los recursos naturales del área.

9. RECOMENDACIONES

- El CONAP y el Proyecto Piloto Trifinio como administradores de la Reserva de Biosfera Trifinio, deben gestionar el pago compensatorio por este servicio ambiental, ante el mercado voluntario de créditos de carbono y otros organismos internacionales, para financiar la protección y conservación de los recursos naturales del área.
- Realizar estudios de captura de carbono en otros ecosistemas y bosques de la región nororiental de Guatemala, para generar una base de datos que permita integrar la información a otros estudios que se realizan a nivel de país, con el propósito de formular proyectos y programas que serán gestionados ante el mercado voluntario de créditos de carbono, el Fondo Cooperativo del carbono en los bosques –FCPF- o el Programa colaborativo de las Naciones Unidas -UN-REDD-.
- El CONAP y el Proyecto Piloto Trifinio como administradores de la Reserva de Biosfera Trifinio, deben delimitar la zona núcleo de la reserva y realizar actividades de extensión, para evitar el avance de la frontera agrícola y ganadera en esta zona intangible.
- Estimar el carbono fijado en las zonas núcleo de la región Trifinio de El Salvador y Honduras, para generar información sobre el potencial de los ecosistemas del Cerro Montecristo en la generación de ingresos mediante la gestión trinacional.

10. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES REALIZADAS

AÑO	2009							2010		
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	
ACTIVIDAD										
Recopilación de información existente.	■	■								
Identificación y delimitación de estratos	■	■								
Determinación de los puntos de muestreo		■								
Trámites con organizaciones para realizar la investigación		■	■	■	■					
Reconocimiento de calles que conducen al Trifinio			■	■	■					
Realización del mapa de carreteras				■	■					
Realización del inventario de carbono					■	■	■	■	■	
Análisis de muestras recolectadas							■	■	■	
Procesamiento de datos recolectados							■	■	■	
Verificación y validación de datos obtenidos							■	■	■	

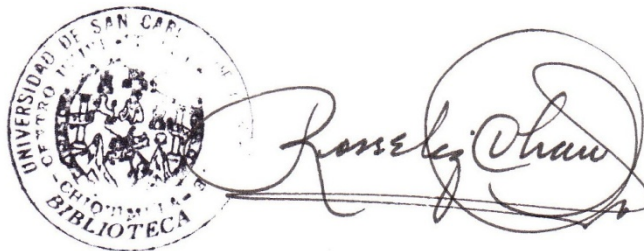
11. BIBLIOGRAFÍA

1. Boden, T; Marland, G. 2009. Global CO₂ emissions from fossil-fuel burning, cement manufacture, and gas flaring: 1751-2006 (en línea). Estados Unidos de Norteamérica, Carbon Dioxide Information Analysis Center. Consultado 21 ago. 2009. Disponible en http://cdiac.ornl.gov/ftp/ndp030/global.1751_2006.ems
2. Castellanos, E; Bonilla, C; Quilo, A. 2007. Cuantificación de carbono capturado por bosques comunales y municipales de cuatro municipios en los departamentos de San Marcos y Huehuetenango. Guatemala, MAGA; PARPA; AGROCYT. 100 p.
3. _____; Flores, C. 2006. Estimación del contenido de carbono en bosques del altiplano occidental de Guatemala: informe de mediciones realizadas en el año 2004. Guatemala, UVG; CARE. 68 p.
4. _____; Guerra, A. 2009. El cambio climático y sus efectos en el desarrollo humano en Guatemala. Guatemala, PNUD. 51 p.
5. Centro de Estudios Ambientales, GT. 2007. Proyecto institucionalidad local para el manejo de bosque y agua en comunidades indígenas: sitio finca Pacalaj, sitio bosque El Gigante. Guatemala, UVG. 164 p.
6. CODEMA (Comisión Departamental de Medio Ambiente, GT.). 2006. Perfil ambiental del departamento de Chiquimula. Chiquimula, GT. 1 disco compacto, 80 min.

7. Comisión Trinacional del Plan Trifinio, SV. 2005. Diagnóstico ambiental y socioeconómico área protegida trinacional Montecristo. El Salvador, BID; NFG; SALVANATURA; PROBIOMA; FUNDACIÓN VIDA; NORPLAN. 138 p.
8. _____. 2005. Plan de manejo integrado del área protegida trinacional Montecristo. El Salvador, BID; NFG; SALVANATURA; PROBIOMA; FUNDACIÓN VIDA; NORPLAN. 200 p.
9. Congreso de la República de Guatemala. 2005. Acuerdo gubernativo 388-2005 (en línea). Guatemala. 2 p. Consultado 24 ago. 2009. Disponible en http://portal.mspas.gob.gt/images/files//Marco%20Legal/Medio%20Ambiente/AG_388_2005.pdf
10. _____. 2005. Acuerdo ministerial número 477-2005. Guatemala. 5 p. Consultado 24 ago. 2009. Disponible en <http://www.congreso.gob.gt/archivos/acuerdos/2005/gtamx477-2005.pdf>
11. _____. 1996. Ley forestal, decreto número 101-96 (en línea). Guatemala. 36 p. Consultado 24 ago. 2009. Disponible en <http://www.ccad.ws/documentos/legislacion/GT/DL-101-96.pdf>
12. _____. 1987. Acuerdo gubernativo número 939-87 (en línea). Guatemala. 2 p. Consultado 24 ago. 2009. Disponible en <http://www.conap.gob.gt/Members/admin/documentos/documentos-centro-de-documentacion/legislacion-ambiental/Acuerdo%20que%20Declara%20la%20Reserva%20Biosfera%20Trifinio%20AG%20939-8.pdf>
13. Córdova, L. 2009. Análisis de iniciativas REDD actualmente en ejecución: el FCPF del Banco Mundial y UN-REDD. Guatemala, MARN. 15 p.

14. Delgadillo, M; Quechulpa, S. 2006. Manual de carbono en sistemas agroforestales. México, CONAFOR; AMBIO. 35 p.
15. FAUSAC (Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala). 2004. Manual técnico, metodología para la determinación de zonas críticas de recarga hídrica natural. Guatemala. 106 p.
16. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2001. Manual para la elaboración de planes de manejo forestal en bosques de coníferas (modelo centroamericano). Ed. PROCAFOR. Guatemala. 264 p.
17. Kimball, J. 1982. Biología. 4 ed. México, Editorial Fondo Educativo Interamericano, S.A. de C.V. 883 p.
18. MARN (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, GT). 2009. El mecanismo para un desarrollo limpio en Guatemala. Guatemala. Trifoliar informativo.
19. Martínez, B. 2009. Preocupan sequías globales: la tierra se seca. Prensa Libre, Guatemala, ago. 23:28.
20. Márquez, L. 2000. Elementos técnicos para inventarios de carbono en uso del suelo. Guatemala, Fundación Solar. 33 p.
21. _____. 1997. Validación de campo de los métodos del Instituto Winronck para el establecimiento de parcelas permanentes de muestreo para cuantificar carbono en sistemas agroforestales. Guatemala, UVG. 75 p.

22. Santilli, M *et al.* 2005. Tropical deforestation and the Kyoto Protocol (en línea). Indonesia, Center for International Forestry Research. Consultado 11 abr. 2010. Disponible en <http://www.cifor.cgiar.org/templates/PolexDetail.aspx?NRMODE=Published&NRORIGINALURL=/Publications/Polex/poledetail.htm%3Fpid%3D&NRNODEGUID={0F5D562A-45A1-4662-B554-8A83AE9AC51A}&NRCACHEHINT=NoModifyGuest&pid=509>
23. Pearson, T; Walker, S; Brown, S. 2005. Sourcebook for land use, land-use change and forestry projects. USA, Winrock International. 57 p.
24. UVG (Universidad del Valle de Guatemala); INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT); CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, GT). 2006. Dinámica de la cobertura forestal de Guatemala durante los años 1991,1996 y 2001 y mapa de cobertura forestal 2001; fase II: dinámica de la cobertura forestal. Guatemala. 92 p.
25. Villalta García, VE. 2006. Determinación de la cobertura forestal del departamento de Chiquimula, a escala 1:50,000 para el año 2003. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC-CUNORI. 115 p.



12. ANEXOS

Anexo 1. Boleta de campo a utilizada en el inventario de carbono en la zona núcleo de la Reserva de Biosfera Trifinio, 2009.

ESTUDIO DE FIJACIÓN DE CARBONO EN LA ZONA NÚCLEO DE LA RESERVA DE BIOSFERA TRIFINIO

ID Parcela: _____

Nombre del Colector: _____ Fecha: _____ Estrato: _____

Tipo de Vegetación: _____ Grados pendiente: _____ Altitud (m): _____

Coordenadas UTM: X= _____ Y= _____

I. DATOS DE ÁRBOLES

No.	Especie	DAP (cm)	Altura (m)
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			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			

No.	Especie	DAP (cm)	Altura (m)
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			
51			
52			
53			
54			
55			
56			
57			
58			
59			
60			
61			
62			
63			
64			
65			
66			
67			
68			
69			
70			
71			
72			
73			
74			
75			
76			
77			
78			
79			
80			

Observaciones:

II. DATOS DE ARBUSTOS:

No.	Especie	Diámetro Basal ¹ (cm)	Altura (m)
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			

Arbustos talados:

No.	Especie	Diámetro Basal ¹ (cm)	Altura (m)	Peso Total (Kg)	PHS ² (g)	PSS ³ (g)
1						
2						
3						

¹ Diámetro basal a 20 cm de altura

² Peso húmedo submuestra

³ Peso seco submuestra

Observaciones:

III. DATOS DE MALEZAS, HOJARASCA Y SUELO:

Datos Malezas:

Peso Humedo Campo (Kg)	Peso Húmedo Submuestra (g)	Peso Seco Submuestra (g)

Datos Hojarasca:

Peso Humedo Campo (Kg)	Peso Húmedo Submuestra (g)	Peso Seco Submuestra (g)

Datos de Suelo:

Peso Húmedo (g)	Peso Seco (g)	% Carbono

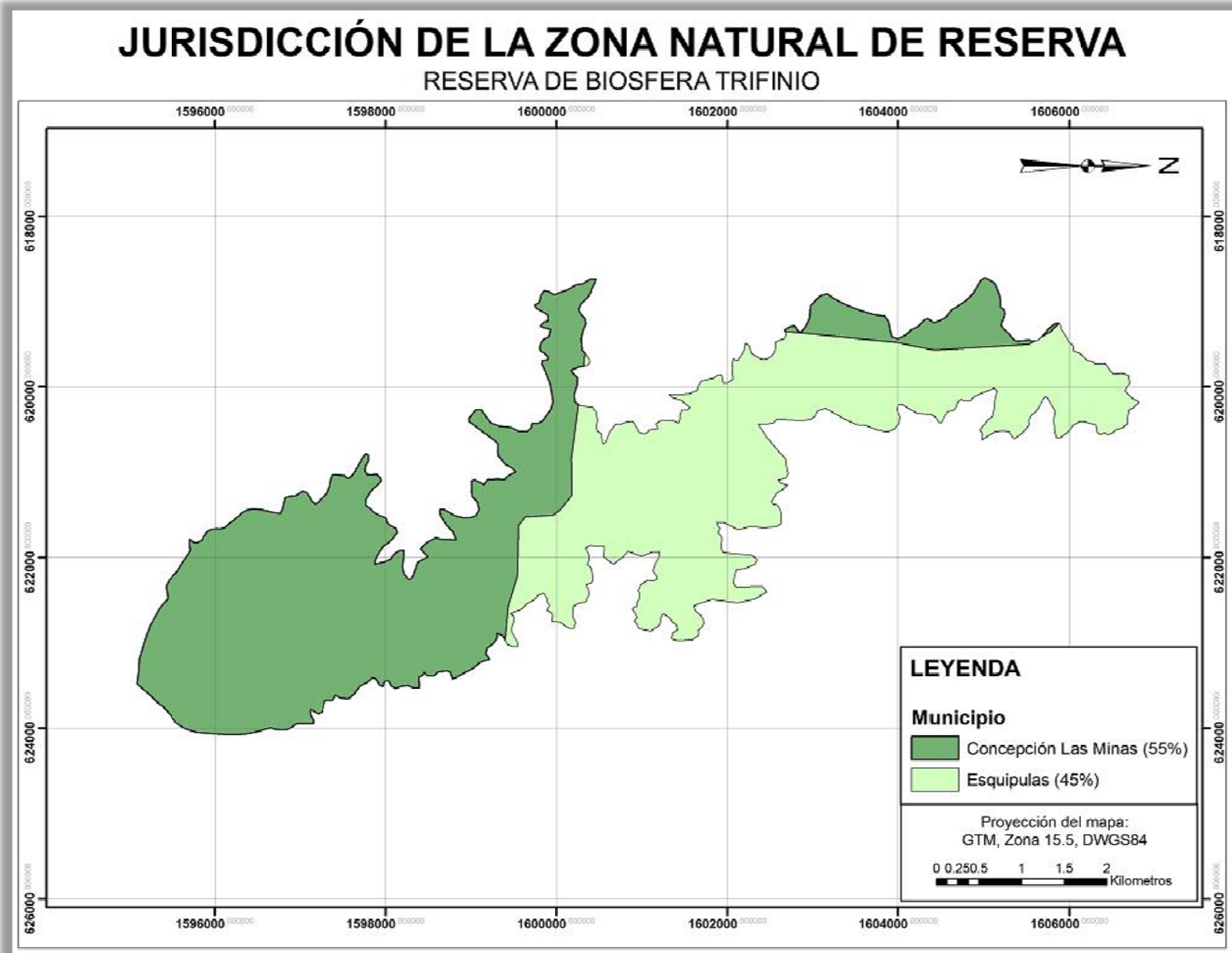
Observaciones:

Anexo 2. Coordenadas de las parcelas ubicadas en el área de estudio

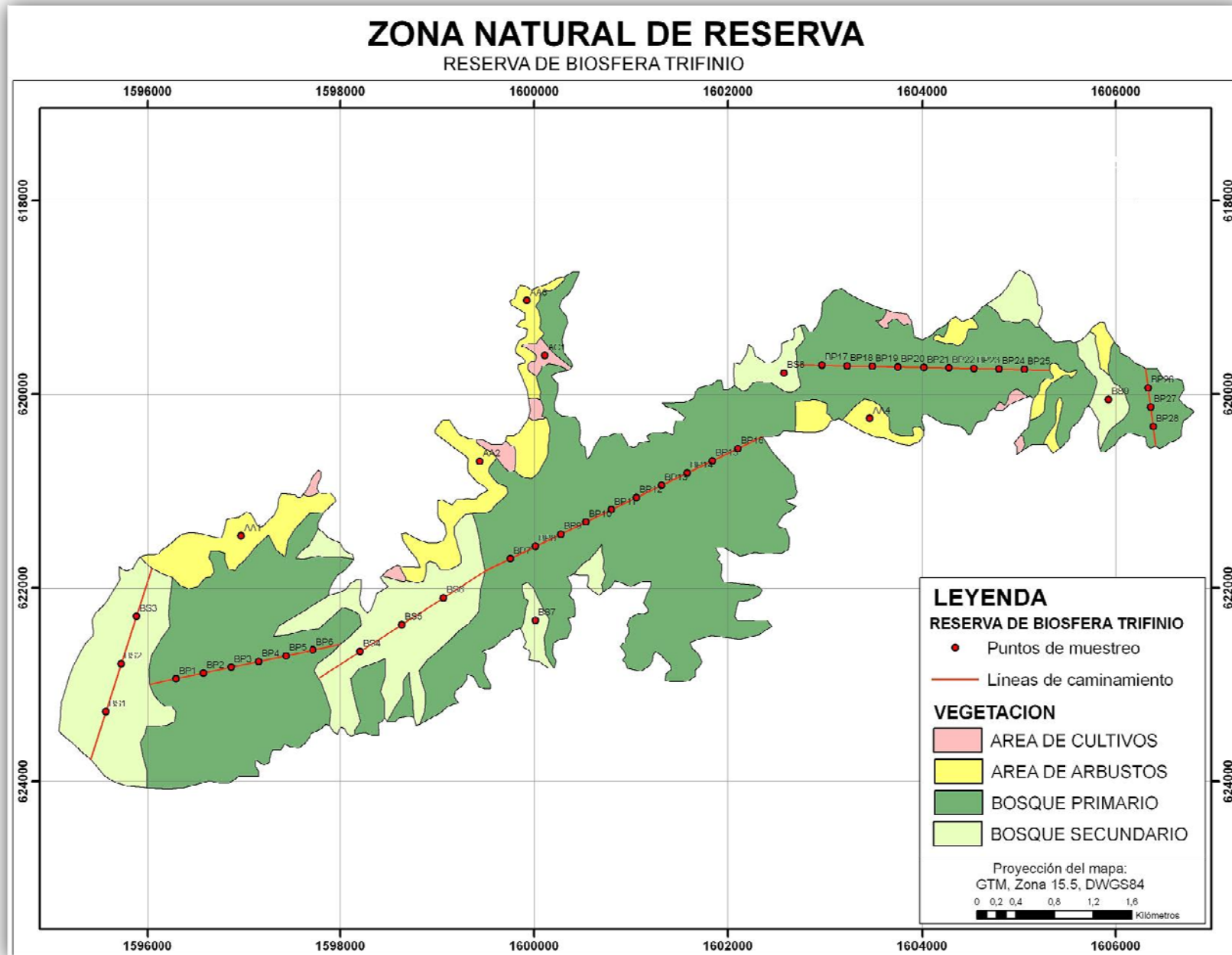
No.	X	Y	ID
1	623283	1595564	BS1
2	622789	1595723	BS2
3	622295	1595882	BS3
4	621465	1596970	AA1
5	622941	1596300	BP1
6	622882	1596583	BP2
7	622823	1596866	BP3
8	622764	1597150	BP4
9	622705	1597433	BP5
10	622646	1597716	BP6
11	622661	1598203	BS4
12	622383	1598632	BS5
13	622105	1599062	BS6
14	620695	1599437	AA2
15	619600	1600109	AC1
16	619032	1599924	AA3
17	622339	1600011	BS7
18	621701	1599753	BP7
19	621574	1600014	BP8
20	621448	1600275	BP9
21	621321	1600536	BP10
22	621195	1600796	BP11
23	621069	1601057	BP12
24	620942	1601318	BP13
25	620816	1601579	BP14
26	620689	1601840	BP15
27	620563	1602101	BP16
28	619780	1602584	BS8
29	620251	1603467	AA4
30	619702	1602976	BP17
31	619708	1603236	BP18
32	619713	1603496	BP19
33	619718	1603756	BP20
34	619723	1604016	BP21
35	619728	1604276	BP22
36	619733	1604536	BP23
37	619739	1604796	BP24
38	619744	1605056	BP25
39	620055	1605928	BS9
40	619935	1606336	BP26
41	620135	1606363	BP27
42	620335	1606390	BP28

Sistema de coordenadas: GTM, Zona 15,5, DWGS84

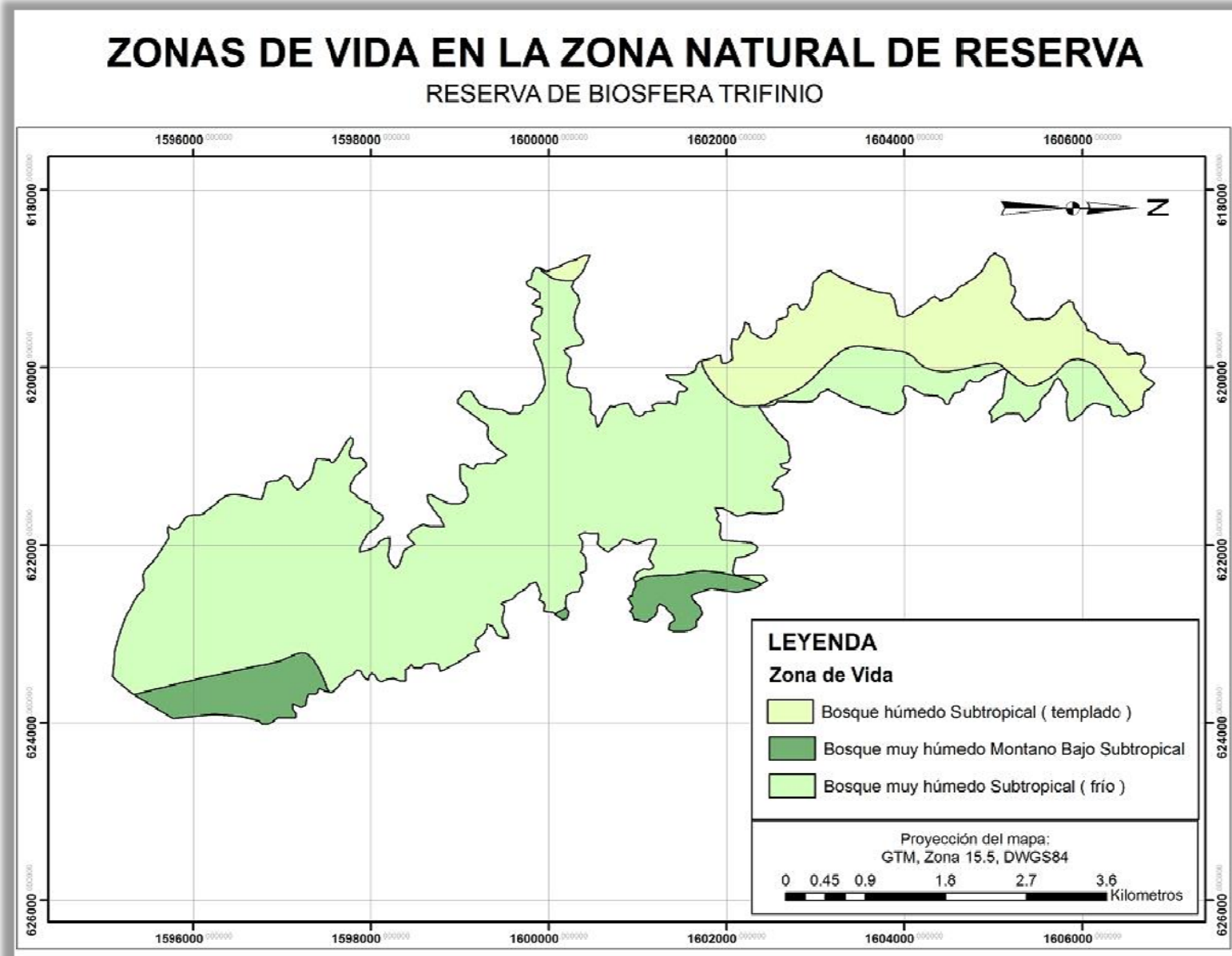
Anexo 3. Jurisdicción de la Zona Natural de Reserva



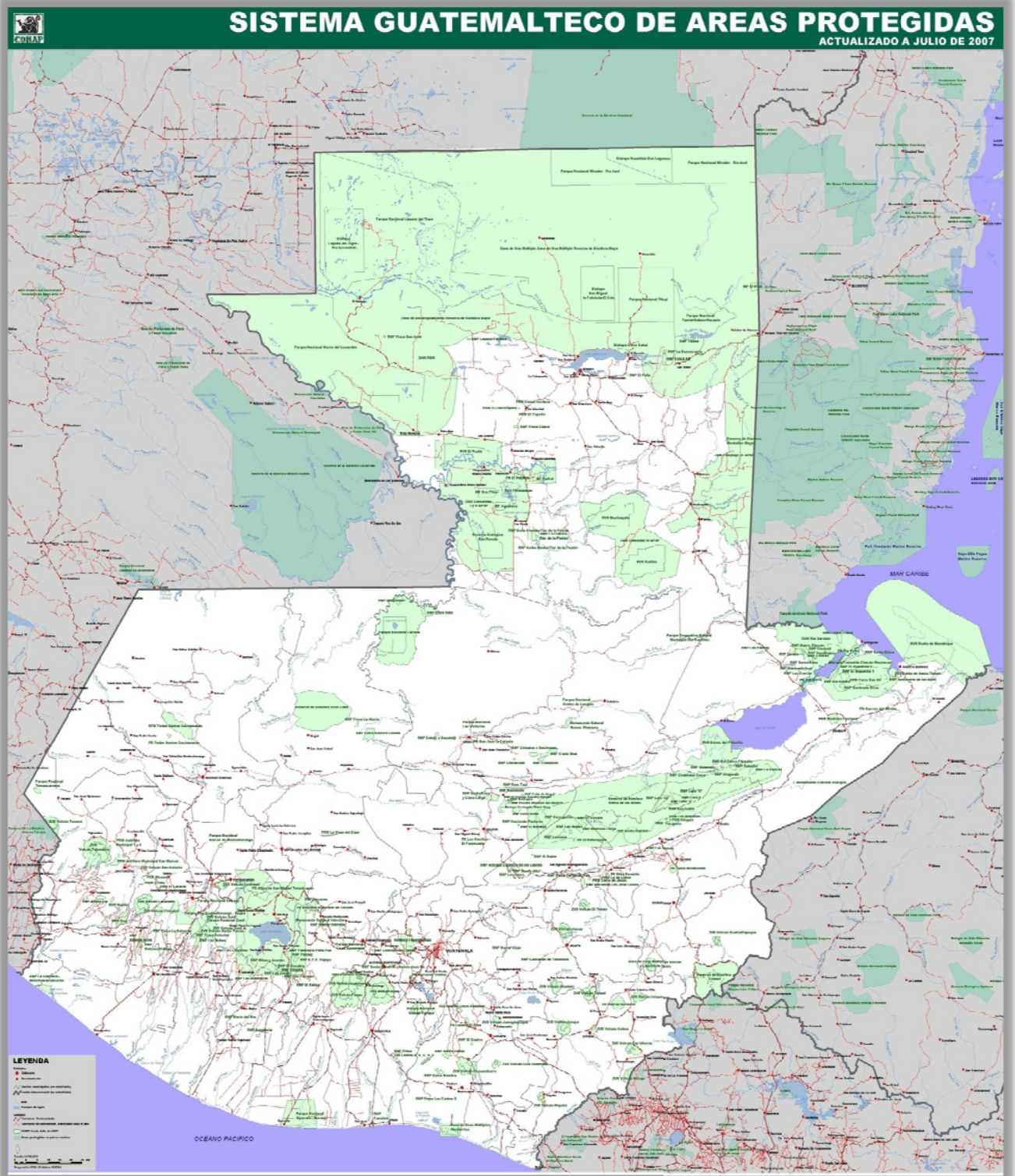
Anexo 4. Ubicación de las parcelas dentro del área de estudio



Anexo 5. Zonas de vida en la Zona Natural de Reserva



Anexo 6. Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas



Anexo 7. Datos forestales del estrato Bosque Primario de la zona núcleo de la Reserva de Biosfera Trifinio, 2010.

Parcela	DAP promedio por parcela (cm)	Altura promedio por parcela (m)	Árboles/ha por parcela
BP1	23.03	10.47	940
BP2	25.20	12.45	680
BP3	25.13	8.62	940
BP4	25.12	10.99	740
BP5	33.97	14.16	700
BP6	32.68	10.81	420
BP7	22.72	8.39	540
BP8	18.11	14.59	1020
BP9	27.01	13.97	740
BP10	22.58	7.18	1460
BP11	18.11	8.61	960
BP12	18.17	4.63	1640
BP13	19.78	5.35	1040
BP14	21.26	5.70	1200
BP15	26.72	9.46	1120
BP16	20.50	5.49	1540
BP17	23.91	7.25	1080
BP18	20.63	9.00	640
BP19	20.61	6.43	1160
BP20	22.13	7.99	700
BP21	18.14	6.99	1260
BP22	20.31	5.49	1540
BP23	19.89	7.64	920
BP24	22.06	7.07	820
BP25	18.64	4.25	2380
BP26	31.68	17.35	400
BP27	31.65	9.53	380
BP28	25.63	9.44	640
PROMEDIO	23.41	8.90	985.71

Anexo 8. Datos forestales del estrato Bosque Secundario de la zona núcleo de la Reserva de Biosfera Trifinio, 2010.

Parcela	DAP promedio por parcela (cm)	Altura promedio por parcela (m)	Árboles/ha por parcela
BS1	25.30	10.35	600
BS2	33.24	12.45	680
BS3	25.76	17.46	740
BS4	24.34	13.98	600
BS5	24.56	10.01	700
BS6	29.70	14.71	580
BS7	17.12	14.54	700
BS8	19.34	17.00	1400
BS9	16.37	6.81	1080
PROMEDIO	23.97	13.04	786.67

Anexo 9. Datos forestales del estrato Área de Arbustos de la zona núcleo de la Reserva de Biosfera Trifinio, 2010.

Parcela	DAP promedio por parcela (cm)	Altura promedio por parcela (m)	Árboles/ha por parcela
AD1	0.00	0	0
AD2	31.71	13.09	460
AD3	20.94	11.86	720
AD4	0.00	0	0
PROMEDIO	13.16	6.24	295.00

Anexo 10. Ejemplo de cálculo de toneladas de carbono/hectárea

Kilogramos de biomasa

Se tomará el primer árbol, de la parcela BP1 del bosque primario, el cual es un Mano de León de 24.83 centímetros de DAP. Como es latifoliado y no es *Quercus sp.* se utilizará la fórmula general de latifoliadas:

$$Y = \exp(-2.289 + 2.649 \cdot \ln(D) - 0.021 \cdot (\ln(D))^2)$$

$$Y = \exp(-2.289 + 2.649 \cdot \ln(24.83) - 0.021 \cdot (\ln(24.83))^2)$$

$$Y = \exp(-2.289 + 8.508727336 - 0.21666292)$$

$$Y = \exp(6.003064416)$$

$$Y = 2.718281828^{(6.003064416)}$$

$$Y = 404.66696 \text{ Kilogramos de biomasa}$$

Toneladas de carbono (tC)

$$tC = (Y/1000) \cdot 0.5$$

$$tC = (404.66696/1000) \cdot 0.5$$

$$tC = 0.20233$$

Toneladas de carbono por hectárea (tC/ha)

Las toneladas de carbono se dividen dentro de la superficie de la parcela de muestreo (en ha).

$$tC/ha = (tC / (AP/10000))$$

Donde:

AP = Área de la parcela donde se tomó la medida (en m²)

tC = toneladas de carbono

tC/ha = Toneladas de carbono por hectárea

Como los árboles se midieron en la parcela de 500 m², se realiza el siguiente procedimiento.

$$tC/ha = (0.20233 / (500/10000))$$

$$tC/ha = (0.20233 / 0.05)$$

$$tC/ha = 4.0466$$

Anexo 11. Glosario de siglas

CEA	Centro de Estudios Ambientales (de la Universidad del Valle de Guatemala)
COP	Conferences of the Parties (Conferencias de las partes)
DAP	Diámetro de altura al pecho
FCPF	Forest Carbon Partnership Facility
GEI	Gases de Efecto Invernadero
IFRI	International Forestry Resources and Institutions
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Panel Intergubernamental de Cambio Climático)
MAGA	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
PEA	Población Económicamente Activa
REDD	Reducing Emissions from Deforestation and forest Degradation (Reducción de emisiones causadas por la deforestación y la degradación de bosques)
R-PIN	Readiness Plan Idea Note (Nota de idea del plan de preparación)
R-PLAN	Readiness Plan (Plan de preparación)
UNDG	United Nations Development Group (Grupo de las Naciones Unidas para el desarrollo)
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático)
UN-REDD	The United Nations collaborative programme on Reducing Emissions from Deforestation and forest Degradation (Programa de colaboración de las Naciones Unidas para la Reducción de emisiones causadas por la deforestación y la degradación de bosques)
UVG	Universidad del Valle de Guatemala