

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure of a man on horseback, likely a saint or historical figure, surrounded by various symbols including a crown, a lion, and a castle. The Latin motto "CONSPICUA CAROLINA ACACIA" is inscribed at the top, and "SANTA TERESA DE AVILA" is at the bottom. The outer ring contains the text "UNIVERSITAS SAN CAROLIS GUATEMALENSIS INTER".

ESTIMACIÓN DEL CARBONO ORGÁNICO FIJADO EN LOS BOSQUES
DE LA FINCA EL CASCAJAL, MUNICIPIO DE ESQUIPULAS,
DEPARTAMENTO DE CHIQUIMIULA, GUATEMALA 2013.

JESSICA SYLVANA NUFIO BARILLAS

CHIQUIMULA, GUATEMALA, NOVIEMBRE DEL 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

ESTIMACIÓN DEL CARBONO ORGÁNICO FIJADO EN LOS BOSQUES
DE LA FINCA EL CASCAJAL, MUNICIPIO DE ESQUIPULAS,
DEPARTAMENTO DE CHIQUIMIULA, GUATEMALA 2013.

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Sometido a consideración del Honorable Consejo Directivo

Por

JESSICA SYLVANA NUFIO BARILLAS

Al conferírsele el título de

INGENIERA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

En el grado académico de

LICENCIADA

CHIQUIMULA, GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2014.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**



RECTOR
Dr. CARLOS GUILLERMO ALVARADO CEREZO

CONSEJO DIRECTIVO

Presidente:	M.Sc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
Representante de Profesores:	M.Sc. Edgar Arnoldo Casasola Chinchilla
Representante de Profesores:	Ph.D. Felipe Nery Agustín Hernández
Representante de Graduados:	Lic. Zoot. Alberto Genesio Orellana Roldán
Representante de Estudiantes:	Br. Heidi Jeaneth Martínez Cuestas
Representante de Estudiantes:	Br. Otoniel Sagastume Escobar
Secretaria:	Licda. Marjorie Azucena González Cardona

AUTORIDADES ACADÉMICAS

Coordinador Académico:	Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cerdón
Coordinador de Carrera:	M.A. Sandra Jeannette Prado Díaz

ORGANISMO COORDINADOR DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

Presidente:	MSc. José Ramiro García Álvarez
Secretario:	M.A. Sandra Jeannette Prado Díaz
Vocal:	MSc. Fredy Samuel López Coronado

TERNA EVALUADORA

MSc. Fredy Samuel López Coronado
Ing. Agr. Hugo David Cerdón y Cerdón
Ing. Químico Carlos Enrique Aguilar Rosales

Chiquimula, noviembre de 2014

Señores:
Consejo Directivo
Centro Universitario de Oriente
Ciudad de Chiquimula

Honorables Miembros

De conformidad con las normas establecidas por la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de graduación titulado: **"ESTIMACIÓN DEL CARBONO ORGÁNICO FIJADO EN LOS BOSQUES DE LA FINCA EL CASCAJAL, MUNICIPIO DE ESQUILAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA, 2013"**, como requisito previo a optar el título de Ingeniero en Gestión Ambiental Local, en el grado académico de Licenciado.

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

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Jessica  Nufio Barillas



REF- JRGA-GAL-02-2014
Chiquimula, octubre de 2014.

MSc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
Director CUNORI
Chiquimula, Ciudad

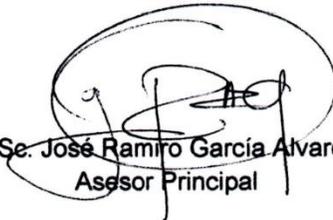
Respetable Licenciado Galdámez:

En atención a la designación efectuada por el Programa de Trabajos de Graduación de la Carrera de Gestión Ambiental Local, para asesorar a la estudiante Jessica Sylvana Nufio Barillas, en el trabajo de investigación denominado **"ESTIMACIÓN DEL CARBONO ORGÁNICO FIJADO EN LOS BOSQUES DE LA FINCA EL CASCAJAL, MUNICIPIO DE ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA 2013"**, tengo el agrado de dirigirme a usted, para informarle que he procedido a asesorar y orientar a la sustentante, sobre el contenido de dicho trabajo.

En mi opinión, el trabajo presentado reúne los requisitos exigidos por las normas pertinentes; razón por la cual, recomiendo la aprobación del informe final para su discusión en el Examen General Público, previo a optar al título de Ingeniera en Gestión Ambiental Local , en el Grado Académico de Licenciada.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


MSc. José Ramiro García Álvarez
Asesor Principal



cc. Archivo

D-TG-IGAL-087/2014

EL INFRASCrito DIRECTOR DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, POR ESTE MEDIO HACE CONSTAR QUE: Conoció el Trabajo de Graduación que efectuó la estudiante **JESSICA SYLVANA NUFIO BARILLAS** titulado **"ESTIMACIÓN DEL CARBONO ORGÁNICO FIJADO EN LOS BOSQUES DE LA FINCA EL CASCAJAL, MUNICIPIO DE ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA 2013"**, trabajo que cuenta con el aval de su Revisor y Coordinador de Trabajos de Graduación, de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local. Por tanto, la Dirección del CUNORI con base a las facultades que le otorga las Normas y Reglamentos de Legislación Universitaria **AUTORIZA** que el documento sea publicado como Trabajo de Graduación, previo a obtener el título de **Ingeniera en Gestión Ambiental Local** en el grado académico de Licenciada.

Se extiende la presente en la ciudad de Chiquimula, a veinticuatro de octubre dos mil catorce.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



MSc. Nery Waldemar Galdames Cabrera
DIRECTOR
CUNORI - USAC



ACTO QUE DEDICO

- DIOS:** Al padre eterno, por concederme la oportunidad de alcanzar esta meta académica, por sus infinitas bendiciones y misericordia a lo largo de toda mi vida, por guiar mi camino y guardarme de toda adversidad.
- A MIS PADRES:** María Concepción Barillas de Nufio y Roberto Estuardo Nufio Estrada, por el amor, dedicación y esfuerzo incondicional en toda mi vida. Son muy importantes para mí.
- A MI SOBRINO:** Héctor Nufio, por ser una personita especial en mi vida y llenarme de alegría.
- A MI HERMANO:** Ferdy Estuardo Nufio Barillas, por su apoyo y cariño.
- A MI NOVIO:** Abner Rodas, por su amor, consejos, motivación y apoyo brindado en todo momento.
- A MIS ABUELOS:** Anita Barillas, Alicia Estrada y Carlos Nufio (QEPD), en especial a mi abuelita Alicia, por su amor, dedicación y cuidados.
- A MIS TIOS:** Carlos Nufio, porque además de ser un tío es un amigo para mí, sin duda alguien especial, gracias por los consejos y amor incondicional.
Rosa Barillas, por cuidarme y ser una mujer ejemplar.
Adán Barillas, por el afecto y consejos brindados.
- A MIS PRIMOS:** Por los buenos momentos compartidos.
- A MIS AMIGOS:** Por su amistad incondicional, consejos, confianza y apoyo, en especial a Stephany García, quien ha sido más que una amiga para mí.
- A MIS COMPAÑEROS:** Gracias por los bonitos momentos compartidos, apoyo y esfuerzo en grupo, en especial a Faviola Recinos, de cariño “primix”, por las aventuras compartidas en el trabajo de campo de la investigación el cariño y comprensión.

A MIS ASESORES:

Ing Agr. MSc. José Ramiro García Álvarez,
Ing Agr. Hugo Villafuerte
Por la orientación y apoyo brindado, gracias.

A MIS CATEDRÁTICOS:

Por la orientación y sus enseñanzas compartidas a lo
largos de estos años.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por el regalo de la vida, por la experiencia adquirida en el transcurso de los años, por la sabiduría que me ha dado, por la bendición de mi familia y amigos. Por los buenos y no tan buenos momentos vividos.

La Universidad de San Carlos de Guatemala.

Al Centro Universitario de Oriente CUNORI, por haberme albergado y darme la oportunidad de adquirir nuevos conocimientos.

A la Carrera de Gestión Ambiental, por la formación académica en el campo de la gestión ambiental.

A finca El Cascajal, por el apoyo y financiamiento brindado en la investigación.

Ing. Agr. MSc. José Ramiro García Álvarez por su valioso tiempo, dedicación, formación profesional y su asesoría prestada en el desarrollo de la investigación.

Ing. Agr. Hugo Villafuerte por sus conocimientos, apoyo y asesoría brindada en el desarrollo de la investigación.

Al Ing. Agr. Edgar Ronaldo Burgos, por su apoyo brindado para llevar a cabo la investigación.

A Abner Rodas y familia, Licda. Sandra Prado, Faviola Recinos, José Figueroa, Maris España, Alcides Cabrera, Guillermo Girón, Roberto Monrroy, Rossana Chau y David Villatoro por el apoyo y orientación brindada en la investigación.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
ÍNDICE GENERAL	i
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE GRÁFICAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	viii
INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	6
4. JUSTIFICACIÓN	8
5. OBJETIVOS	10
5.1 Objetivo general	10
5.2 Objetivos específicos	10
6. MARCO TEÓRICO	11
6.1 Almacenamiento y fijación de carbono	11
6.2 El carbono en ecosistemas forestales	11
6.3 Ciclo del carbono	12
6.4 El dióxido de carbono y el efecto invernadero	13
6.5 El efecto invernadero y el cambio climático	15
6.6 Pago por servicios ambientales (PSA)	15
6.7 Mercados de carbono	16
6.8 Finanzas del carbono	17
6.9 Mecanismo de desarrollo limpio (MDL)	18
6.10 Mercado voluntario de carbono	19
6.11 Mecanismos REDD Y REDD+	20
6.12 Participación de actores clave de los mecanismos REDD en Guatemala	22
6.13 Discusión actual de Guatemala ante mecanismos REDD	23
6.14 Proyectos piloto: sitios REDD para Guatemala	25
6.15 Construyendo la plataforma para REDD	26
6.16 Certificación de carbono	27
6.17 Potencial de carbono y fijación de dióxido de carbono en Guatemala	28

6.18	Certificados en fijación de carbono y su implementación en Guatemala	31
6.19	Biomasa y carbono	33
6.20	Crecimiento de las especies forestales	33
6.21	Definición de bosque	34
6.22	Bosques Naturales según la clasificación usada en el FRA 2000	35
7.	MARCO REFERENCIAL	37
7.1	Ubicación del área de estudio	37
7.2	Vías de acceso	38
7.3	Extensión de la finca El Cascajal	38
7.4	Características biofísicas del área de estudio	39
7.4.1	Zona de vida	39
7.4.2	Clima	39
7.5	Recursos naturales	39
7.5.1	Agua	39
7.5.2	Flora	39
7.5.3	Fauna	40
7.5.4	Suelo	40
7.6	Recursos físicos	42
7.7	Investigaciones relacionadas con el tema	42
8.	MARCO METODOLÓGICO	51
8.1	Descripción de la metodología	51
8.2	Estimación de carbono orgánico fijado en los estratos de bosques	51
8.2.1	Descripción de las variables estudiadas	51
8.2.2	Actualización del mapa de uso del suelo	52
8.2.3	Diseño del inventario	55
8.2.4	Diseño del muestreo	55
8.2.5	Tamaño de parcelas muestreadas	59
8.2.6	Factor de corrección por pendiente	60
8.2.7	Material y equipo	60
8.2.8	Estimación de la biomasa en el campo	61
8.2.9	Análisis de laboratorio	64

8.3 Lineamientos estratégicos para generar valor agregado al carbono fijado de los bosques de la finca El Cascajal.	65
9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	67
9.1 Carbono fijado en cada estrato	67
9.1.1 Estrato de bosque de coníferas	67
9.1.2 Estrato de bosque latifoliado	69
9.1.3 Estrato de bosque Mixto	71
9.1.4 Densidad de carbono fijado en los estratos de bosque de la finca El Cascajal.	73
9.2. Clasificación del carbono fijado en los estratos de bosques de acuerdo al orden de suelo de la finca.	76
9.3 Lineamientos estratégicos para generar valor agregado al carbono fijado por los bosques de la finca El Cascajal	79
9.3.1 Comercialización de bonos de carbono en el mercado voluntario (MVC)	80
9.3.2 Comercialización de los bonos de carbono en los mecanismos de mercado regulado.	89
9.3.3 Fortalecimiento en el desarrollo ecoturístico, conservación y protección de los bosques de la finca El Cascajal.	94
10. CONCLUSIONES	100
11. RECOMENDACIONES	101
12. BIBLIOGRAFÍA	102
13. ANEXOS	107

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
1	Precios de carbono de algunos proyectos (US\$)	28
2	Potencial de mitigación bajo el MDL. (Guatemala al 2012, en tonelada de carbono)	31
3	Sectores y sub-sectores en la finca El Cascajal, 2013.	38
4	Contenido de carbono fijado en el Parque Nacional Montecristo, El Salvador, 2012.	42
5	Contenido de carbono fijado (tC/Ha) en la zona núcleo del cerro 1019, Santa Cruz, Livingston, Izabal, Guatemala, 2012.	43
6	Contenido de carbono (tC/Ha) en la cuenca Río Taco, Chiquimula, 2011.	44
7	Contenido de carbono (tC/Ha) en la zona núcleo de la Reserva de Biósfera Trifinio, 2010.	44
8	Contenido de carbono fijado (tC/Ha) por el sistema de cultivo de hule en Guatemala, 1999.	46
9	Contenido de carbono fijado en los bosques latifoliado y mixto (tC/Ha), en Atilán, Sololá, Guatemala, 1999.	46
10	Contenido de carbono fijado (tC/Ha) en el sistema agroforestal de producción de café, San Juan La Laguna, Sóloa, Guatemala, 1998.	47
11	Contenido de carbono fijado (tC/Ha) en bosques de coníferas y nuboso en Chiquimula, Guatemala.	49
12	Contenido de carbono fijado (tC/ha) en la Reserva de la Biósfera Maya en Petén, Guatemala.	50
13	Área de la finca El Cascajal de acuerdo al uso del suelo, 2013.	53
14	Determinación del número de parcelas que se muestrearon en cada estrato de bosque, por medio de la ecuación, en la finca El Cascajal, Esquipulas, Chiquimula, 2013.	56

15	Distribución de tres parcelas más, clasificadas según el tipo de orden de suelo y el estrato de bosque de la finca El Cascajal, Esquipulas, Chiquimula.	58
16	Tamaño de parcelas que se utilizó en el inventario de carbono, en la finca El Cascajal, Esquipulas, Chiquimula, 2013.	60
17	Ecuaciones utilizadas para calcular el carbono fijado en la biomas de los bosques de la finca El Cascajal, Esquipulas, Chiquimula.	62
18	Carbono fijado en el estrato de bosque conífero de la finca El Cascajal, Esquipulas, Chiquimula, 2014.	68
19	Carbono fijado en el estrato de bosque latifoliado de la finca El Cascajal, Esquipulas, Chiquimula, 2014.	70
20	Carbono fijado en el estrato de bosque mixto de la finca El Cascajal, Esquipulas, Chiquimula, 2014.	72
21	Densidad de carbono fijado por variable y contenido total de carbono en los estratos de bosques de la finca El Cascajal, Esquipulas, 2014.	75
22	Comparación del carbono fijado en los bosques de la finca El Cascajal, respecto a otras investigaciones.	76
23	Clasificación del carbono fijado del estrato de bosque conífero según el tipo de orden de suelo de la finca El Cascajal, Esquipulas, Chiquimula, 2014.	77
24	Clasificación del carbono fijado del estrato de bosque latifoliado según el tipo de orden de suelo de la finca El Cascajal, Esquipulas, Chiquimula, 2014.	78
25	Clasificación del carbono fijado del estrato de bosque mixto según el tipo de orden de suelo de la finca El Cascajal, Esquipulas, Chiquimula, 2014.	79
26	Generación de ingresos económicos en los mecanismos del MVC, por estrato de bosque y en total, de la finca El Cascajal	88

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráficas	Título	Página
1	Carbono fijado por variable en el estrato de bosque conífero de la finca El Cascajal, Esquipulas, Chiquimula, 2014.	68
2	Carbono fijado por variable en el estrato de bosque latifoliado de la finca El Cascajal, Esquipulas, Chiquimula, 2014.	71
3	Carbono fijado por variable en el estrato de bosque mixto de la finca El Cascajal, Esquipulas, Chiquimula, 2014.	73
4	Densidad de carbono fijado por los tres estratos en los bosques de la finca El Cascajal, Esquipulas, Chiquimula, 2014.	74
5	Ingresos económicos por estrato de bosque, según el mecanismo OTC en el MVC, para la finca El Cascajal, Esquipulas, Chiquimula, 2014.	83
6	Ingresos económicos por estrato de bosque, según el mecanismo CARE en el MVC, para finca El Cascajal, Esquipulas, Chiquimula, 2014.	84
7	Ingresos económicos por estrato de bosques, según el mecanismo REDD en el MVC, para la finca El Cascajal, Esquipulas, Chiquimula, 2014.	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1	Ciclo del carbono.	13
2	Concentración de dióxido de carbono en la atmósfera terrestre (azul) y la temperatura media global (rojo), en los últimos 1,000 años.	15
3	Clasificación de bosques según FRA 2000.	36
4	Ubicación y referencia de la finca El Cascajal.	37
5	Uso correcto de la cinta diamétrica, en la medición de DAP.	51
6	Area de uso de suelo de la finca El Cascajal, Esquipulas, Chiquimula, 2013.	54
7	Cobertura y tipo de bosques de la finca El Cascajal, Esquipulas, Chiquimula, 2013.	55
8	Ubicación de las 15 parcelas muestreadas en la finca El Cascajal, Esquipulas, Chiquimula, 2013.	57
9	Ubicación de las 18 parcelas muestreadas, según la clasificación de orden de suelo de la finca El Cascajal, Esquipulas, Chiquimula, 2013.	58
10	Ubicación de las 18 parcelas muestreadas, según el tipo de estrato de bosque de la finca El Cascajal, Esquipulas, Chiquimula, 2013.	59
11	Ilustración del estrato de bosque de coníferas de la finca El Cascajal.	67
12	Ilustración del estrato de bosque latifoliado de la finca El Cascajal.	69
13	Ilustración del estrato de bosque mixto de la finca El Cascajal.	71
14	Fases de implementación de proyectos REED+.	85
15	Contenido total de carbono en los estratos de bosques de la finca El Cascajal, Esquipulas, Chiquimula, 2014.	88
16	Esquema del ciclo del proyecto MDL.	91

RESUMEN

La presente investigación consistió en la estimación de carbono orgánico fijado en los bosques de la finca El Cascajal, para apoyar el proceso de certificación y la sostenibilidad ambiental. La finca El Cascajal se encuentra ubicada en la aldea San Nicolás del municipio de Esquipulas, departamento de Chiquimula, en el oriente de Guatemala a 8 kilómetros de la cabecera municipal de Esquipulas y a 230 kilómetros de la capital de Guatemala.

La metodología empleada se basa en el procedimiento de Winrock y el Centro de Estudios Ambientales (CEA) de la Universidad del Valle de Guatemala (UVG). Se utilizó el muestreo estratificado aleatorio sin reemplazo. Las variables estudiadas fueron: árboles, arbustos, maleza, hojarasca y suelo. Los análisis de material vegetal (maleza y hojarasca) se realizaron en el laboratorio ambiental, de la Universidad de San Carlos de Guatemala –CUNORI-. Y los análisis de suelo, se realizaron en el CEA.

Dentro de los objetivos planteados en la investigación, fue la estimación de carbono fijado en los tres tipos de bosques de la finca El Cascajal: bosque de coníferas, bosque latifoliado y bosque mixto; para lo cual se establecieron 18 parcelas de muestreo en los diferentes estratos de bosque, distribuidas de la siguiente manera: 4 parcelas para el estrato de bosque de coníferas; 8 parcelas, para el estrato de bosque latifoliado; y 6 para el estrato de bosque mixto. Otro de los objetivos fue la propuesta de lineamientos estratégicos a los bosques de la finca para generar ingresos por la venta de servicios ambientales, se establecieron tres lineamientos: a) comercialización de bonos de carbono en el mercado voluntario; b) comercialización de bonos de carbono en el mercado regulado; y c) fortalecimiento en el desarrollo eco-turístico, conservación y protección de los bosques de la finca.

Los resultados reflejan que la densidad de carbono varía de acuerdo al tipo de bosque, donde el bosque latifoliado posee una mayor densidad con 139.792tC/Ha, 102.02tC/Ha para el bosque de coníferas y 63.38tC/Ha para el bosque mixto. El contenido total de C fijado es de 35,837.43tC.

INTRODUCCIÓN

Con el desarrollo desmesurado de las grandes economías, la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera ha aumentado de forma alarmante en las últimas décadas, teniendo como consecuencia un incremento en la temperatura ambiental del planeta, lo cual genera un cambio climático con alteración del ciclo hidrológico, sequías, inundaciones y desastres naturales que comprometen la existencia de vida sobre la tierra.

La presión que existe actualmente sobre los recursos naturales de Guatemala, especialmente en el recurso bosque, ha aumentado drásticamente en los últimos años. El Instituto Nacional de Bosques (INAB) proporciona datos que del año 2006 para 2010, Guatemala perdió más de 146,000 Ha de bosques, debido a diversas actividades entre ellas: incremento de la población, aumento del sector industrial como empresas mineras, avance de la frontera agrícola y ganadera. Otros factores que contribuyen a la reducción de la cobertura boscosa en el país es la tala inmoderada e ilícita, esto debido a la poca incidencia de leyes forestales y manejos de bosques, ya que en el país el 61% de la población utiliza leña para consumo.

Los mecanismos REDD (Reducción de Emisiones por Deforestación Evitada y Degradación de Bosques) es un concepto introducido dentro de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC) en el año 2005. El cual busca desarrollar una estrategia para abordar la reducción de emisiones de Gases de Efecto de Invernadero (GEI) en el sector de cambio de uso del suelo (deforestación), las cuales según el dato más reciente al año 2005 representan el 12.2% de las emisiones a nivel global (World Resources Institute), y para regiones como Guatemala y Latinoamérica específicamente, alrededor del 50%.

El objetivo de la investigación es estimar el carbono orgánico fijado en los bosques de la finca El Cascajal, en el municipio de Esquipulas, departamento de Chiquimula, para apoyar los procesos de certificación ambiental en Módulo Clima, que lleva acabo Rainforest Alliance. La metodología utilizada en la investigación, se basó en los procedimientos de Winrock y el centro de estudios ambientales (CEA) de la Universidad

del Valle de Guatemala, consistiendo en dos fases: de campo y laboratorio, para estudiar los diferentes depósitos de carbono; suelo, árboles, arbustos, hojarasca y maleza.

El diseño de muestreo que se utilizó en el inventario de carbono fue el muestreo estratificada aleatorio sin reemplazo. Se realizaron 18 parcelas concéntricas anidadas en un área de 348.10 Ha de bosque, se clasificaron de acuerdo a estratos; estrato de bosque de coníferas con 4 parcelas, estrato de bosque de latifoliado con 8 parcelas y para el estrato de bosque mixto con 6 parcelas. Cada parcela de muestreo contó con tres parcelas de distintos tamaños. Se utilizó la parcela de 500m² para la toma de datos de árboles y en el centro de esta se tomó los datos de suelo, la parcela de 30m² para la obtención de datos de arbustos y la parcela de 1m² para hojarasca y maleza.

2. ANTECEDENTES

En 2005, un grupo de países liderado por Papua Nueva Guinea, llevó el tema de la deforestación evitada a la agenda de la Conferencia de las Partes, realizada en Montreal (COP 11); así la discusión sobre el papel de los bosques en la lucha contra el cambio climático volvió al debate internacional. Durante la COP 13, realizada en Bali en 2007. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) reconoció la reducción de emisiones por deforestación y degradación de los bosques (REDD) como un mecanismo válido en la lucha contra el cambio climático.

Según el Plan de Acción de Bali en el año 2007, se denomina REDD+ a la reducción de emisiones derivadas de la deforestación y la degradación forestal; además de la conservación, el manejo sostenible y el mejoramiento del stock de carbono de los bosques en los países en desarrollo (UICN 2010).

Los mecanismos REDD deberán integrarse y complementar procesos en marcha tendientes a reformar la gobernanza forestal, con el fin de asegurar los derechos de las comunidades locales y los pueblos indígenas que dependen de los bosques; propiciar el acceso y la distribución equitativa de beneficios; promover el manejo sostenible de los bosques y la conservación de la biodiversidad.

Para que los países se preparen en el desarrollo de mecanismos REDD, se ha propuesto un enfoque de implementación por fases que permitirá a cada país abordar a las causas de la deforestación a nivel nacional de acuerdo con sus condiciones específicas (TFD, 2009). En la fase inicial, conocida como REDD readiness, se desarrollarán las estrategias a nivel nacional. En la fase dos, se implementan las políticas y medidas que posibilitan REDD; además de que se promueve la ampliación de las inversiones (UICN 2010).

Guatemala cuenta con algunas áreas donde se podría aplicar el concepto de REDD; sin embargo, es necesario trabajar en todas las condiciones mínimas (técnicas, legales, financieras, sociales) para darle viabilidad al mismo, y las cuales se discuten de forma

general en el presente documento. Para países como Guatemala, REDD puede representar una oportunidad (o necesidad) para abordar un problema como la deforestación y sus consecuencias directas e indirectas, aunque hay que tener claro, que es necesario que vaya inmerso dentro de una estrategia integral para poder generar resultados.

La Estrategia REDD ha dado pasos iniciales para su estructuración en Guatemala. El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) por medio de la Unidad Técnica de Cambio Climático (UTCC) ha iniciado la conformación de un grupo de trabajo (Grupo de Bosques, Biodiversidad y Cambio Climático), en el cual se ha discutido sobre “lineamientos” generales que deberían ser considerados para el desarrollo de una estrategia REDD.

Se han realizado 4 talleres de discusión sobre los siguientes temas: a) Construcción conceptual sobre deforestación y degradación de bosques; b) Evaluación del uso de la tierra, políticas forestales y gobernanza de los bosques en Guatemala; c) Diseño del Programa de Trabajo para la Elaboración de Estrategia Nacional de Reducción de la Deforestación y Degradación del Bosque; d) Escenario de Referencia y Sistema Nacional de Monitoreo de la Cobertura Forestal para Guatemala. En términos generales, los talleres se han enfocado en generar información conceptual para el desarrollo de la estrategia REDD en Guatemala, los temas a abordar, procedimiento de la consulta, así como necesidades de apoyo técnico y financiero para desarrollar la estrategia (Córdova 2009).

La directriz que se está usando para el desarrollo de la estrategia, está basada principalmente en los lineamientos del Forest Carbon Partnership Facility (FCPF) del Banco Mundial (Guatemala está preparando su R-PP), sin embargo, hay consenso inicial que la construcción de la misma no esté vinculada únicamente al tema coyuntural de REDD, sino como una discusión más amplia sobre la deforestación en el país, sus efectos negativos y sus beneficios (Córdova 2009).

De los mecanismos REDD que existen actualmente, además de las iniciativas para Mercado Voluntario que se discuten en el siguiente acápite, Guatemala ha presentado una propuesta al Forest Carbon Partnership Facility –FCPF- del Banco Mundial –BM-, a través del documento denominado Readiness Project Idea Note (R-PIN), el cual fue sometido en diciembre de 2008; este documento, el cual constituye el primer requisito para aplicar al financiamiento del BM, constituye una especie de “diagnóstico” de la situación del bosque en Guatemala, iniciativas actuales para reducir la deforestación, así como, vacíos o debilidades que pudieran ser fortalecidas para reducir dicha deforestación.

El financiamiento facilitado por el BM en esta etapa, sería para el desarrollo de un “plan para elaborar” la estrategia REDD en el país (llamado originalmente R-PLAN, ahora denominado RPP).

Guatemala firmó el primer acuerdo de inversión para bonos de carbono generados por deforestación evitados, el 19 de noviembre del año 2010, entre las autoridades locales del municipio de San José, departamento de Petén y la empresa Estadounidense Global Carbon Group.

Se han realizado varios estudios sobre estimación de carbono fijado en el territorio del país a nivel de áreas protegidas, bosques de hule y cuenca. Dentro de estos estudios se mencionan el trabajo de investigación desarrollado por Jordán (2010), en la zona núcleo de la Reserva de la Biosfera Trifinio, estimando una cantidad de 840,824 tC fijadas en un área de 2110.3 Ha., Villela (2011), estimó 260,205.582 tC fijadas en un área de 2373.77 Ha. en la Cuenca del Río Tacó y Enamorado (2012), estimó una cantidad de 1,000,556.06 tC fijadas en un área de 2054.29 Ha en el Parque Nacional Montecristo, El Salvador. Siendo esta investigación una de las primeras experiencias de estimación de carbono orgánico a nivel de finca en Guatemala, con el propósito de impulsar procesos de certificación.

3. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Guatemala es el segundo país del mundo más afectado por el cambio climático, según se declaró en Durban; Sudáfrica, donde se realiza la Conferencia Mundial de Cambio Climático. El estudio que posiciona a Guatemala en este segundo puesto fue realizado por la organización no gubernamental Germanwatch, la que estimó este índice de riesgo climático tomando en cuenta el nivel de desastre que se sufrió en 2010 al cotejar el costo en materia de vidas humanas y pérdidas absolutas en dólares. Guatemala es uno de los países no industrializados, que solo contribuye con el 0.04% de las emisiones GEI a nivel global, siendo la deforestación la principal causa de emisiones de CO₂ en la atmósfera con un 50% a nivel del país.

La finca El Cascajal, ubicada en el municipio de Esquipulas, departamento de Chiquimula, Guatemala. Cuenta con un área boscosa de 348.10 Ha, con diferentes tipos de bosques como coníferas, latifoliadas y bosque mixto; de los cuales se desconoce la capacidad de fijación de carbono, que poseen los bosques en los diferentes tipos de depósito como biomasa viva (biomasa sobre el suelo), materia orgánica muerta (madera muerta, hojarasca) y suelo (materia orgánica del suelo).

Hasta el momento la finca El Cascajal no ha realizado ningún estudio sobre captura de carbono, tampoco posee un inventario de carbono en bosques que permita estimar el carbono fijado, motivo por el cual pone en amenaza a los ecosistemas naturales y a las poblaciones vecinas al área de influencia de la finca, las cuales pueden ser vulnerables a incendios forestales, talas inmoderadas, prácticas de manejo inapropiadas y usos de agroquímicos inadecuados empleados para la producción de café.

Al no conocer el valor ambiental que proveen los bosques de la finca y los beneficios que se pueden obtener por medio de ellos como fuentes de materias primas, diversidad genética de flora y fauna, recarga hídrica, y fuente de alimentos. Además, los bosques prestan servicios ambientales como fijación y almacenamiento de carbono, producción de oxígeno, conservación del ciclo hidrológico, fuentes de energía renovable

(leña), ingresos económicos por ecoturismo, pagos por servicios ambientales y demás actividades socio-ambientales que podrían generar ingresos económicos para la finca.

El desconocimiento de los beneficios que presentan los bosques de la finca ocasionan que las áreas boscosas disminuyan, ocasionando pérdidas en cuanto a flora, fauna, microbiota, fuentes hídricas, incremento de CO₂ en la atmósfera, agotamiento de recursos renovables, también se generaría una disminución de ingresos económicos por concepto de incentivos forestales, ecoturismo y venta de oxígeno a organismos internacionales.

Si no se conservan las áreas boscosas de la finca, puede tener un impacto negativo sobre la interacción de los ecosistemas naturales del medio ambiente, afectando la calidad de vida de las personas. Es por ello que es de vital importancia conservar y evitar que la frontera agrícola contribuya con una amenaza más a la disminución de áreas boscosas. Por tanto, el problema a resolver es el desconocimiento del carbono fijado en los bosques de la finca El Cascajal, del municipio de Esquipulas, departamento de Chiquimula. La investigación de estimación de carbono se desarrolló en un tiempo de nueve meses.

4. JUSTIFICACIÓN

En Guatemala, en menos de una década, se han venido registrando importantes efectos negativos de eventos meteorológicos de gran intensidad tales como el Huracán Mitch, en el año 1998; la sequía del año 2001 y en el 2005; los estragos de la Tormenta Tropical Stan y la depresión tropical Agatha en el año 2012. Se evidencia una mayor recurrencia de eventos extremos que los reportados en el pasado. A pesar de que Guatemala aporta menos de una milésima de los gases de efecto invernadero, impactando de forma no significativa a la emisión global de gases; sin embargo, recibimos los impactos negativos que afectan con mayor intensidad y frecuencia a la población.

Esquipulas se ubica en la región del triffinio en la geografía Centroamericana, comparte límite territorial al norte y oriente con la República de Honduras. Se caracteriza por sus bosques de *Pino Ocarpa*, especie que predomina en las áreas nororiental y norponiente del municipio. La finca El Cascajal queda situada en el municipio de Esquipulas y se ubica en dos zonas de vida: Bosque Húmedo subtropical templado *bh-S (t)* y Bosque Húmedo subtropical frío *bh-S (f)*.

La riqueza natural de la Finca se caracteriza por su biodiversidad de especies endógenas que forman parte de su patrimonio natural, resaltando por su importancia los remanentes boscosos de ciprés *Cupressus lutanica*, liquidámbar *styraciflua l*, llorón *Cornus disciflora*, Duraznillo *Ostrya virginian*, Roble Amarillo *Quercus oleoide shcletedal* y muchas otras como el Helecho Gigante o Chipe. Aparte de las especies maderables que constituyen en hábitat de numerosas especies de aves, se integran a la flora, numerosos helechos y más cien especies de orquídeas, siendo la *Ornithocephalus cascajalensis Archila*, la orquídea representativa de la finca.

Finca El Cascajal no posee un inventario que permita estimar el carbono fijado en los diferentes depósitos de carbono, por ello, es necesario realizar la presente investigación sobre fijación de carbono orgánico en bosques, pues debido a lo antes mencionado, no cabe duda que la finca presenta una valiosa riqueza natural para la región, lo cual es de

vital importancia conservar y preservar. La importancia en desarrollar este estudio, radica en la necesidad de resolver el problema, que es, el desconocimiento del carbono orgánico fijado en los bosques de la finca El Cascajal, lo cual generará información aplicable en el proceso de certificación ambiental módulo clima que lleva acabo Rainforest Allice; abriendo el campo de la venta por servicios ambientales en concepto de bonos de carbono, además de esto, la información generada será de utilidad para otros propietarios de fincas interesados, en la prestación por servicios ambientales e instituciones gubernamentales y no gubernamentales interesadas en el manejo de bosques.

La estimación de carbono en los bosques, permitirá conocer las potencialidades que tiene la finca para brindar servicios ambientales en el futuro, por medio de la venta de bonos de carbono, en el mercado voluntario por medio de los mecanismos OTC, CARE y REDD+ por concepto de deforestación evitada, y con ello contribuir a reducir los de gases de efecto invernadero que genera el cambio climático. También puede acceder al MDL, en el mercado regulado.

Con el desarrollo de esta investigación se otorga valor agregado a los bosques, preservando así los recursos naturales que poseen finca El Cascajal, beneficiando directamente al propietario de la finca, ya que la investigación apoyará de forma significativa con el proceso de certificación módulo clima, además con esto sus productos tendrán un valor agregado en el mercado, pues se posicionará como un producto –amigable con el clima-.

Las comunidades cercanas se beneficiarán indirectamente, pues al preservar los bosques se protegen las zonas de recarga hídrica, flora, fauna, micro-biótica y recursos forestales de la región; también, se conserva la belleza escénica y se puede generar una fuente de trabajo para las personas de las comunidades en conceptos de mano de obra por conservación de bosques. A nivel global disminuyendo de forma no significativa la concentración de CO₂ en la atmósfera. Todo esto generando una mejor calidad de vida en los habitantes del área de influencia.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Estimar el carbono orgánico fijado en el área de bosques de la finca El Cascajal, ubicada en el municipio de Esquipulas, departamento de Chiquimula, para apoyar el proceso de certificación y sostenibilidad ambiental.

5.2 Objetivos específicos

- Estimar la cantidad de carbono fijado en los tres tipos de estrato de bosque existente en la finca El Cascajal, para conocer la capacidad de fijación de los bosques y motivar la conservación de la biodiversidad local.
- Proponer lineamientos estratégicos a los bosques naturales, mediante el establecimiento de alternativas para generar ingresos por la venta de servicios ambientales.

6. MARCO TEÓRICO

6.1 Almacenamiento y fijación de carbono

El almacenamiento y la fijación de carbono es uno de los servicios ambientales de los ecosistemas forestales y agroforestales. La fijación de carbono se genera en el proceso de fotosíntesis realizado por las hojas y otras partes verdes de las plantas, que capturan el dióxido de carbono (CO_2) de la atmósfera y producen carbohidratos, liberan oxígeno y dejan carbono que se utiliza para formar la biomasa de las plantas, incluyendo la madera en los árboles. En ese sentido, los bosques tropicales, las plantaciones forestales y los sistemas agroforestales, y en general, aquellas actividades que lleven a la ampliación de una cobertura vegetal permanente, pueden cumplir la función de "sumideros de carbono" (Cuéllar 1999). Entre los sumideros de carbono, se encuentran los propios suelos agrícolas, cuya capacidad de almacenar carbono está directamente relacionada con el contenido de materia orgánica de los mismos (Cordón 2008).

Una parte del carbono fijado es transformado en biomasa y la otra parte es liberada a la atmósfera por medio de la respiración. Los bosques del mundo absorben 110 giga toneladas de carbono (Gt C) año, mientras que mediante la respiración emiten 55 Gt C año y por medio de la descomposición emiten de 54 a 55 giga toneladas de carbono (Gt C) año (Cordón 2008).

6.2 El carbono en ecosistemas forestales

El dióxido de carbono (CO_2) atmosférico se incorpora a los procesos metabólicos de las plantas a través de la fotosíntesis. El CO_2 participa en la composición de todas las estructuras necesarias para que el árbol pueda desarrollarse (follaje, ramas, raíces y tronco).

Los ecosistemas forestales acumulan carbono en cuatro grandes componentes: biomasa aérea (o biomasa sobre el suelo), hojarasca, sistema radical y carbono orgánico del suelo. La influencia de la vegetación herbácea en el almacenamiento y fijación de carbono es muy baja, por lo que puede omitirse dentro de un estudio de

carbono (Cordón, 2008). Durante el tiempo en que el CO₂ se encuentra constituyendo alguna estructura del árbol y hasta que es enviado nuevamente al suelo o a la atmósfera, se considera almacenado. En el momento de su liberación (ya sea por la descomposición de la materia orgánica y/o por la quema de la biomasa) el CO₂ fluye para regresar al ciclo del Carbono (PNUMA 1998).

6.3 Ciclo del carbono

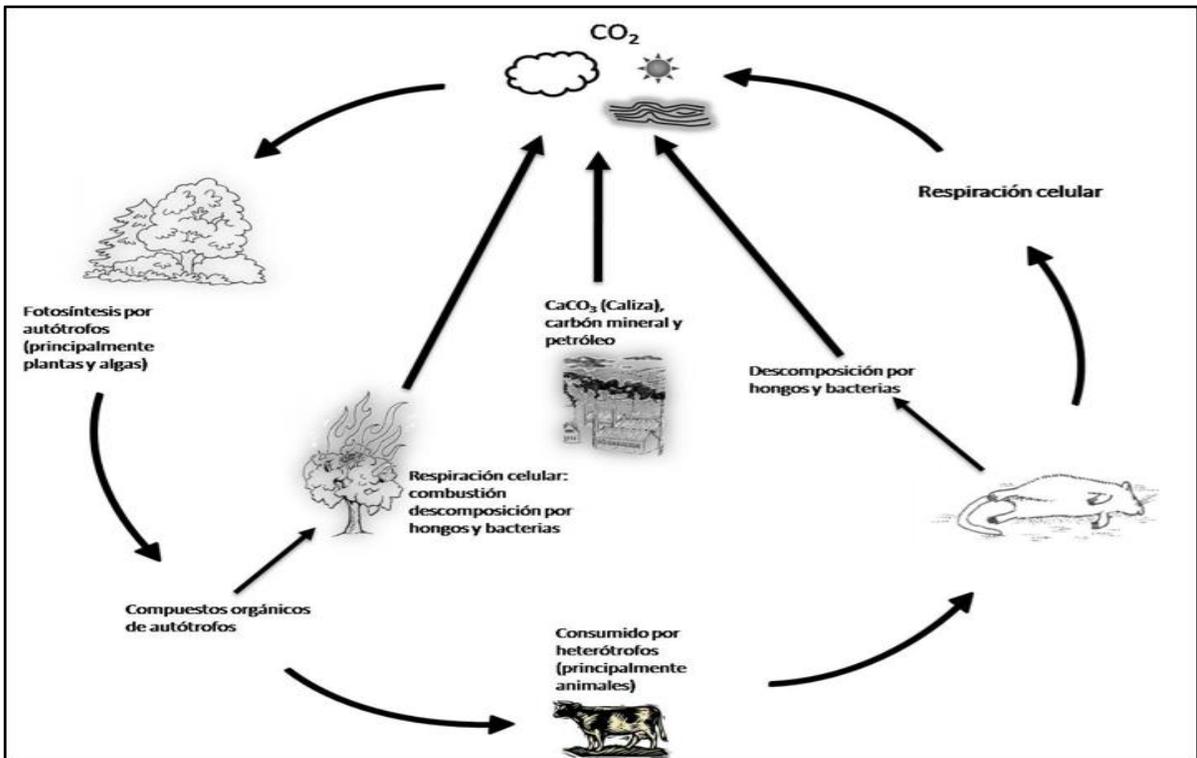
El carbono es el elemento químico fundamental de los compuestos orgánicos, que circula por los océanos, la atmósfera, el suelo, y subsuelo. Estos son considerados depósitos (reservorios) de carbono. El carbono pasa de un depósito a otro por medio de procesos químicos, físicos y biológicos. La atmósfera es el menor y el más dinámico de los reservorios del ciclo del carbono. Mientras tanto, todos los cambios que ocurren en este reservorio tienen una estrecha relación con los cambios del ciclo global de carbono (Figura 1) y del clima. Gran parte del carbono presente en la atmósfera ocurre en la forma de dióxido de carbono (CO₂, también conocido como gas carbónico). En menor proporción, el carbono atmosférico se presenta en la forma de metano (CH₄), Perfluorcarbonatos (PFCs) e Hidrofluorocarbonos (HFC).

Todos estos son considerados Gases del Efecto de Invernadero (GEI), que contribuyen para el equilibrio térmico de la tierra. Cualquier actividad relacionada al uso del suelo que modifique la cantidad de biomasa en la vegetación y en el suelo tiene el potencial de alterar la cantidad de carbono almacenado y emitido para la atmósfera, lo que influencia directamente en la dinámica del clima de la tierra.

El intercambio de carbono entre el reservorio terrestre y el atmosférico es el resultado de procesos naturales de la fotosíntesis y respiración, y de la emisión de gases causados por la acción humana. La captura de carbono por medio de la fotosíntesis ocurre cuando las plantas absorben energía solar y dióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera, produciendo oxígeno e hidratos de carbono (azúcares como la glucosa), que sirven de base para su crecimiento. Por medio de este proceso las plantas fijan el carbono en la biomasa de la vegetación, y consecuentemente constituyen, junto con sus residuos (madera muerta y hojarasca), un stock natural de carbono.

El proceso inverso ocurre con la emisión de carbono por medio de la respiración de las plantas, animales, y por la descomposición orgánica (forma de respiración de las bacterias y hongos). A esta se suman las emisiones de GEI debido a la deforestación, incendios, gases industriales, y quema de combustibles, acciones antropogénicas que contribuyen con el desequilibrio del ciclo de carbono.

Figura 1. Ciclo de Carbono



Fuente: Kimball, citado por Jordán (2010).

6.4 El dióxido de carbono y el efecto invernadero

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

carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O)), lo que acelera y agrava el problema de calentamiento de la tierra (Beaumont 1999).

Está comprobado que las actividades humanas son causantes de cambios en la composición de la atmósfera (Figura 2). Los incrementos en la concentración de dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O) y otros gases en la atmósfera son los causantes del efecto invernadero. Entre las actividades humanas causantes del incremento de gases en la atmósfera están, el uso desmedido de combustibles fósiles, la industria, el transporte, actividades agropecuarias y tala de árboles (Mintzer 1992).

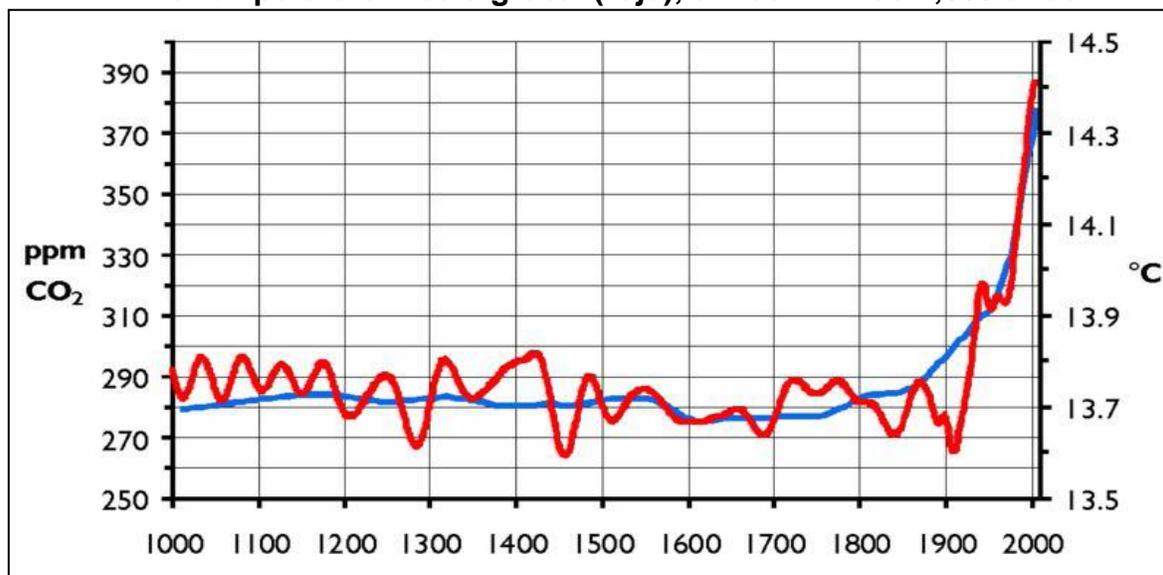
Desde la revolución industrial, la concentración de gases de efecto invernadero se ha incrementado rápidamente; la concentración de 360 ppm del dióxido de carbono (CO₂) en 1990, resultó 25% mayor que en la etapa preindustrial (antes de 1750), cuyo valor era de alrededor de 280 ppm (Goudie 1990).

La vegetación dentro de los ecosistemas es de suma importancia para el ciclo global del carbono porque almacena grandes cantidades de éste en su estructura y en el suelo, y lo intercambia con la atmósfera mediante los procesos de fotosíntesis, respiración y descomposición. Sin embargo, la misma vegetación constituye fuente de carbono para la atmósfera cuando sufre alteraciones provocadas por el hombre o por causas naturales; por ejemplo, actividades de conversión de bosque a otros usos no forestales. La tala y quema de las masas forestales, permite la liberación del carbono almacenado en la biomasa y con la degradación de los suelos se libera parte del carbono almacenado en el mismo (Beaumont 1999).

Por otro lado, los bosques en crecimiento se convierten en sumideros de carbono al registrar una absorción neta de dióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera, en la biomasa y en el suelo. El hombre puede, mediante la conservación y el ordenamiento forestal, modificar la magnitud de las reservas de carbono e inducir cambios en la circulación (flujo) de este elemento, alterando así la función de tales reservas en el ciclo del carbono y posiblemente afectando el clima en forma positiva.

La deforestación contribuye al aumento del CO₂ en la atmósfera de dos formas: disminuyendo la cobertura vegetal, capaz de fijar carbono atmosférico, y por la liberación de CO₂ a la atmósfera a través de la quema y descomposición de biomasa, incluida parte de la materia orgánica del suelo.

Figura 2. Concentración de dióxido de carbono en la atmósfera terrestre (azul) y la temperatura media global (rojo), en los últimos 1,000 años



Fuente: Aversano (2006).

6.5 El efecto invernadero y el cambio climático

El dióxido de carbono (CO₂) como parte de los gases de efecto invernadero (GEI), impide el escape de los rayos calóricos, que provienen de la energía solar. Este es un efecto natural que mantiene la tierra a una temperatura por encima del punto de congelación del agua, permitiendo la vida en la tierra. Desde los tiempos pre-industrializados este efecto natural se ha ido alterando, el cual se ha elevado de 280 partes por millón (ppm) a 375 partes por millón (ppm) de dióxido de carbono, debido al incremento de los gases de efecto invernadero (GEI), (principalmente de dióxido de carbono), provocando cambios significativos en el ciclo natural e incrementando las temperaturas globales promedios de la tierra, proceso conocido como cambio climático.

6.6 Pago por servicios ambientales (PSA)

Los pagos por servicios ambientales son una clase de instrumentos económicos diseñados para dar incentivos a los usuarios del suelo, de manera que continúen

ofreciendo un servicio ecológico que beneficie a la sociedad como un todo. Los PSA son acuerdos voluntarios y negociados, no son una medida de mando y control. El pago por servicios ambientales (PSA) se puede considerar como estrategias para proyectos de desarrollo sustentable, que se basa en reconocer que los recursos naturales son finitos y tienen valor.

El pago por servicios, es entonces, un esquema en el que se hacen transacciones voluntarias entre los oferentes y los compradores o usuarios del servicio ambiental. Los esquemas de PSA vigentes a nivel mundial, se han desarrollado teniendo en cuenta las condiciones naturales, sociales y económicas propias de cada país y las condiciones específicas de mercado.

Se considera como servicios ambientales la protección de biodiversidad, el almacenamiento de carbono, la protección de la belleza del paisaje natural y los servicios hidrológicos. Existen diferentes metodologías para valorar económicamente estos servicios, como el costo de oportunidad de la tierra y los costos de producción forestal, pero que aún no reflejan su verdadero valor en el mercado internacional.

6.7 Mercados de carbono

Los mercados de carbono son ámbitos donde se intercambian contratos de compra y venta donde una parte paga a otra por una cantidad determinada de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI); estos mercados han exhibido un rápido crecimiento desde su creación, el valor total transado ha pasado de USD 11 mil millones en 2005 a alrededor de USD 150 mil millones en 2010; los activos que se comercian en estos mercados son de tres tipos; Permisos de emisión, son asignados por los gobiernos de países Anexo I. A sus empresas emisoras de GEI, en función de los compromisos de reducción de emisiones asumidos en el marco del Protocolo de Kioto.

El mercado más importante es el europeo (EU ETS – European Union Emission Trading Scheme), donde se transan permisos llamados “EUAs” (European Union Allowances); Certificados de reducción de emisiones basados en proyectos: son creados cuando un

proyecto específico de mitigación llevado a cabo en un país en desarrollo o de Europa del Este demuestra que reduce emisiones de GEI en comparación de lo que hubiera ocurrido en ausencia del proyecto.

Los certificados generados por proyectos realizados en países en desarrollo en el marco del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL) se llaman “CERs” por sus siglas en inglés (Certified Emission Reductions) siendo un mecanismo de flexibilidad contemplados en el Protocolo de Kioto. Certificados de reducción de emisiones voluntarias, son los certificados comercializados en los mercados de carbono voluntarios (Villagrán 2012).

6.8 Finanzas del carbono

Los esfuerzos internacionales de cooperación orientados a enfrentar esta amenaza se han materializado fundamentalmente en la firma de dos tratados, la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) en 1992 y el Protocolo de Kioto en 1997. En el Protocolo de Kioto los “países Anexo I” (las Partes que son países desarrollados listados en el Anexo I de la CMNUCC) se comprometieron a reducir cuantitativamente sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) 5,2% respecto de los niveles de 1990 para el período 2008-2012. Esto hizo que la mitigación del cambio climático pasara a tener un valor económico expresado en el valor de la tonelada de carbono (Villagrán 2012).

Para ayudar a los países Anexo I a cumplir con sus metas de reducción de emisiones, y para fomentar la participación del sector privado y de los países en desarrollo al esfuerzo global de mitigación, los negociadores incluyeron en el Protocolo de Kioto tres mecanismos de flexibilidad: el Sistema de Comercio de Emisiones (SCE), el Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL) y el Mecanismo de Implementación Conjunta (MIC). Esto dio origen a los llamados “mercados de carbono”, los ámbitos donde se comercian reducciones de emisiones de GEI (Villagrán 2012).

El sistema funciona, según su meta individual de reducción de emisiones, cada país Anexo I, reparte permisos de emisión entre las empresas emisoras de GEI radicadas en

su territorio, de acuerdo a criterios nacionales, estas empresas eligen entonces entre alternativas, Reducir emisiones a nivel de firma (mediante incorporación de nuevas tecnologías, modificación de prácticas y procesos, etc.) de modo tal de cumplir con el nivel de emisiones autorizado; comprar permisos de emisión en el mercado a otras empresas de países Anexo I que han sobre-cumplido sus metas de emisión; Reducir emisiones más allá de su límite permitido y salir al mercado a vender sus permisos excedentes (Villagrán 2012).

1. Financiar proyectos específicos de mitigación en países en desarrollo a través del MDL.
2. Financiar proyectos específicos de mitigación en países de Europa del Este, en las denominadas economías en transición, a través de los Mecanismos de Implementación Conjunta (Villagrán 2012).

6.9 Mecanismo de desarrollo limpio (MDL)

El MDL se encuentra definido en el Artículo 12 del Protocolo y tiene como objetivo, por un lado ayudar a los Países que son Partes del Anexo I a cumplir con sus metas de limitación y reducción de emisiones de GEI, y por el otro, ayudar a los Países No Anexo I al logro de un desarrollo sostenible. Es un mecanismo de mercado, ya que los créditos resultantes de las reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero o por la absorción en los sumideros, se comercializan y quien los adquiere los contabiliza para el logro de los compromisos de reducción asumidos. Las condiciones generales para que un proponente de proyecto de un país en desarrollo acceda al MDL son básicamente (Villagrán 2012).

a) Desarrollo sustentable: se debe demostrar que el proyecto contribuye a los objetivos de desarrollo sustentable del país anfitrión, incluyendo la conservación de la biodiversidad y el uso sustentable de los recursos naturales.

b) Adicionalidad: se debe demostrar que el proyecto genera reducción de emisiones reales, medibles y de largo plazo, adicionales a las que hubieran ocurrido en ausencia

del proyecto. Para ello, se deben comparar los flujos y stocks de carbono de las actividades del proyecto con las que ocurrirían si el mismo no se lleva a cabo (la llamada “línea de base”).

c) Certificación: la reducción de emisiones debe ser certificada por una tercera parte independiente llamada “Entidad Operacional” (EO), la cual debe ser acreditada por el Comité Ejecutivo del MDL (CE). Las entidades operacionales son las encargadas de validar los proyectos MDL propuestos ó de verificar y certificar reducciones de emisiones (Villagrán 2012).

6.10 Mercado voluntario de carbono

El denominado “mercado voluntario de carbono” comprende a todas las transacciones de créditos de carbono que no están regidas por una obligación regulatoria de cumplir con una meta de reducción de emisiones de GEI. Esto incluye tanto a las transacciones de créditos creados especialmente para los mercados voluntarios (como los VEs – *Verified Emission Reductions*), como a las operaciones en las que se venden créditos de los mercados regulados (como los CERs del MDL) a compradores que buscan voluntariamente compensar sus emisiones (Villagrán 2012).

En lo que respecta al “mercado OTC”, en un principio éste estuvo caracterizado por la falta de reglas y regulación, hasta que un conjunto de organizaciones desarrolló una serie de estándares voluntarios y metodologías contra las cuales los desarrolladores de proyectos pudieran certificar sus reducciones de emisiones de GEI y asegurar la calidad de sus líneas de base (Villagrán 2012).

La demanda del mercado OTC responde a motivaciones diversas y muy diferente de los mercados de cumplimiento (como el EU ETS): presión de accionistas y/o clientes, marketing, posicionamiento de marca, diferenciación de producto (“carbono neutral”), prácticas de responsabilidad social empresarial, filantropía, beneficios de relaciones públicas, necesidad de prepararse para cumplir con regulaciones federales, estrategias financieras de reventa para obtener beneficios económicos, entre otras. Es por esto que entre los compradores de créditos voluntarios se encuentra una gran variedad de

entidades, incluyendo a empresas no reguladas, organizaciones no gubernamentales, municipalidades y gobiernos locales, universidades e incluso individuos.

Específicamente, la demanda del mercado OTC puede dividirse en compradores “puramente voluntarios” y compradores “de pre-cumplimiento”. Los primeros compran créditos para compensar sus propias emisiones y están guiados fundamentalmente por motivaciones éticas y/o de responsabilidad social empresarial. Por lo tanto, su curva de demanda no tiene demasiada relación con los mercados regulados de carbono. En cambio, los compradores “de pre-cumplimiento” adquieren VERs con dos objetivos: comprar créditos a precios bajos a fin de utilizarlos en el futuro para acreditar cumplimiento de metas o bien para venderlos a un precio mayor a entidades que estén reguladas en futuros esquemas cap-and-trade obligatorios (Finanzas carbono 2014).

Las empresas que persiguen el primero de estos objetivos suelen ser entidades con alta probabilidad de ser reguladas en un futuro, mientras que las empresas con la segunda meta suelen ser entidades financieras. En este punto hay que destacar que a diferencia de lo que ocurre en los mercados de cumplimiento, como la demanda en el mercado de carbono voluntario no depende de la obligatoriedad de cumplir con una reducción determinada de emisiones de GEI, el mercado está fragmentado, y no existe información imparcial y centralizada (Finanzas carbono 2014).

Esta falta de obligatoriedad, uniformidad, transparencia y registro centralizado hace que los precios en el mercado voluntario sean menores que aquéllos en los mercados regulados y que la demanda sea baja, inconstante y volátil. Sin embargo, el mercado voluntario no sufre los cuellos de botella que tienen lugar en el MDL e incluye tipos de proyectos que el MDL no contempla, como los proyectos de reducción de emisiones por deforestación y degradación de bosques (REDD+) (Finanzas carbono 2014).

6.11 Mecanismos REDD Y REDD+

El mecanismo de REDD+ es una herramienta voluntaria, de mitigación global basada exclusivamente en el sector forestal, para ayudar a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) a alcanzar su objetivo final que

es, la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que prevenga una interferencia humana peligrosa con el sistema climático.

Dicho nivel debería ser alcanzado dentro de un marco de tiempo suficiente para permitir a los ecosistemas adaptarse naturalmente al cambio climático, para garantizar que la producción de alimentos no sea amenazada y para permitir que el desarrollo económico proceda de manera sostenible. REDD significa, “Reducción de las Emisiones (CO2) producto de la Deforestación y la Degradación de bosques”. La idea es que los países que estén dispuestos y puedan reducir las emisiones de carbono provenientes de la deforestación/degradación puedan ser compensados financieramente.

El primer objetivo de REDD es reducir las emisiones, sin embargo en las actuales negociaciones, la “+” en REDD+ ha captado mayor atención con la inclusión de actividades relativas a la conservación y mejora o puesta en valor de los stocks de carbono. En este documento y en el marco del Programa REDD-CCAD-GIZ, cuando se haga a referencia a REDD se deberá entender que se está incluyendo también REDD+.

- **Que es el Mecanismos REDD+?**

REDD+ es un mecanismo de mitigación climática centrado exclusivamente en el sector forestal. En la actualidad el mecanismo REDD+ incluye 5 actividades, reducción de la deforestación; reducción de la degradación; conservación; manejo sostenible de los bosques; y aumento de los stocks forestales de carbono. Se trata de un mecanismo multifase, centrado en actuación verificada que requiere de 4 elementos fundamentales para su implementación:

1. Una estrategia nacional o plan de acción
2. Niveles nacionales de referencia de emisiones forestales o niveles nacionales de referencia forestal.
3. Sistemas nacionales de monitoreo forestal (SNMF) robustos y transparente para monitorear y reportar las actividades definidas en el mecanismo REDD+.

4. Un sistema para informar cómo se están cumpliendo las salvaguardas en el diseño de los SNMF.

Entre los objetivos finales del mecanismo REDD+, está el de proporcionar estimaciones (de emisiones/absorciones) que sean transparentes, consistentes, tan exactas como sea posible y con incertidumbres reducidas y que estén disponibles y adecuados para revisión, según acordado por la Conferencia de las Partes.

6.12 Participación de actores clave de los mecanismos REDD en Guatemala

Entre los actores clave en esta iniciativa hay que considerar al Gobierno principalmente a través del Instituto Nacional de Bosques, el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) y MARN; el primero, por competencias como rectoría del sector forestal y reducción de la deforestación, que le define la ley forestal; el segundo por su papel como ente administrador de las áreas protegidas donde en algunas de ellas se presume potencial REDD, y el tercero en su papel de ente rector del tema de cambio climático ante la UNFCCC (Iturbide 2009).

Sin embargo, es importante considerar en esta discusión a sectores gubernamentales como el MAGA (por el tema de políticas que pueden reducir o incentivar la deforestación), así como del Ministerio de Gobernación y Sector Justicia, ambos como responsables para atender el tema de gobernabilidad, la cual es una “causa” importante de deforestación. Por último, otro actor importante para este sector podrán ser las Municipalidades donde REDD tendrá aplicación, dado que las mismas manejan una masa forestal significativa, especialmente en la zona de Petén y el Altiplano (Iturbide 2009).

En el primer grupo, es importante incluir organizaciones como la Alianza de Comunidades Forestales (organización de tercer piso), la cual aglutina al menos unas 400 organizaciones de primer piso, organizadas en 11 organizaciones de segundo nivel; éste es bastante representativo de un sector interesado en proteger y manejar el bosque, y a este podrían sumarse otros grupos que no estén considerados en dicha estructura (Iturbide 2009).

El segundo grupo no tiene una estructura organizativa, sin embargo, es necesario buscar la forma de involucrarlos en la discusión, especialmente para aquellas áreas donde pueden ser agentes importantes de deforestación (Parque Nacional Sierra del Lacandón, Parque Nacional Sierra de las Minas, San Román, Franja Transversal del Norte, Visis Cabá, entre otros) (Iturbide 2009).

Es importante resaltar, que una de las salvaguardas más discutidas y resaltadas en el texto de negociación de REDD dentro del Acuerdo de Cooperación de Largo Plazo (LCA) en la CMNUCC, es el involucramiento completo y efectivo de las comunidades locales y pueblos indígenas en el desarrollo de actividades REDD, por lo que es un aspecto clave a considerar en el desarrollo de una estrategia, y debe ponerse especial cuidado en cómo garantizar la participación “completa y efectiva” como lo pide la CMNUCC (Iturbide 2009).

Finalmente, hay que considerar en esta discusión a ONG's locales e internacionales que están impulsando iniciativas REDD, tomando en cuenta que son parte interesada en promover el tema, principalmente por el potencial vínculo que podría tener como estrategia de financiamiento para la conservación del bosque y la biodiversidad que éste aloja. Dentro de este grupo habrá que considerar a la Fundación Defensores de la Naturaleza (FDN), Fundación Lachuá, Fundación para el Eco-Desarrollo y la Conservación (FUNDAECO), Rainforest Alliance (RA), The Nature Conservancy (TNC), Conservation International (CI) y UICN, entre otros (Iturbide 2009).

6.13 Discusión actual de Guatemala ante mecanismos REDD

Guatemala participa activamente en la discusión sobre REDD dentro de la CMNUCC, y es de acá donde se están tomando los lineamientos para guiar una discusión a lo interno según Córdova (2009). Es importante señalar, que durante el último año se han integrado a dicha discusión, además del MARN, representantes de instituciones estratégicas como el CONAP e INAB, aunque sin participación aún de algunas como MAGA. Sin embargo, se considera que hay un buen nivel de entendimiento del tema para orientar un proceso de discusión y desarrollo de una estrategia.

La discusión actual del tema REDD en Guatemala está en una fase inicial, aunque más avanzada que varios países de la región. Actualmente el MARN a través del grupo de Clima, Bosques y Biodiversidad de la Unidad de Cambio Climático trabaja en desarrollar lineamientos generales para realizar un proceso de discusión de la estrategia REDD (Iturbide 2009).

De los mecanismos REDD que existen actualmente, además de las iniciativas para Mercado Voluntario que se discuten en el siguiente acápite, Guatemala ha presentado una propuesta al Forest Carbon Partnership Facility –FCPF- del Banco Mundial –BM-, a través del documento denominado Readiness Project Idea Note (R-PIN), el cual fue sometido en diciembre de 2008.

Este documento, el cual constituye el primer requisito para aplicar el financiamiento del BM, constituye una especie de “diagnóstico” de la situación del bosque en Guatemala, iniciativas actuales para reducir la deforestación, así como vacíos o debilidades que pudieran ser fortalecidas para reducir dicha deforestación. El financiamiento facilitado por el BM en esta etapa, sería para el desarrollo de un “plan para elaborar” la estrategia REDD en el país, llamado originalmente R-PLAN, ahora denominado RPP (Iturbide 2009).

El R-PIN fue aprobado por el FCPF en marzo de 2009, sin embargo, debido a que entró en la tercera ronda de aplicaciones, no le han sido asignados recursos para el desarrollo del RPP. A pesar de ello, el grupo de trabajo de Bosques, biodiversidad y Cambio Climático, está trabajando en la búsqueda de financiamientos alternativos que podrían suplir o complementar el financiamiento para desarrollo e implementación de la estrategia, y se han identificado al menos dos países europeos quienes tienen fuerte interés de apoyar esta iniciativa, ambas propuestas se están gestionando en este momento (Iturbide 2009).

El otro mecanismo al que Guatemala podría aplicar, el Programa Colaborativo de Naciones Unidas para REDD –UNREDD-, es una alternativa que todavía no se ha explorado, pero se ha considerado como potencial fuente de apoyo financiero.

Si bien es cierto las propuestas ante estos mecanismos están en gestión, algunas organizaciones como Rainforest Alliance y UICN han apoyado el inicio de algunas discusiones para favorecer el desarrollo de una estrategia REDD, el desarrollo herramientas metodológicas y legales, y la facilitación de actividades de proyectos piloto a nivel de campo, lo cual genera cierta base conceptual para el desarrollo e implementación de iniciativas REDD (Iturbide 2009).

6.14 Proyectos piloto: sitios REDD para Guatemala

Guatemala posee actualmente el 39% de cobertura forestal (IARNA/URL, 2009), y ésta se concentra principalmente en la parte norte del país (Petén, Alta Verapaz, Quiché, Izabal) y en la Sierra de las Minas (Iturbide 2009).

En estas regiones se puede encontrar masas continuas de bosque natural con poco o ningún nivel de degradación; alrededor de éstos pueden haber paisajes de bosque fragmentado y sometido a degradación. Si pensamos en sitios potenciales para REDD, estas áreas deberían ser las primeras a considerar, tomando en cuenta que cumplen con ciertas condiciones básicas preliminares como, a) áreas con bosque natural; b) estar sometido a presión de deforestación degradación, u otra amenaza de reducción del stock de carbono; c) tener una extensión significativa para que sea costo/beneficio atractiva (Iturbide 2009).

Sobre estos sitios es necesario hacer un análisis más detallado para determinar la viabilidad (técnica, financiera, social, legal) para la reducción de emisiones de GEI's, a través de reducir la pérdida del stock de carbono. Es importante señalar que de todos estos sitios, él único que cuenta con una base social más consolidada y experiencia en manejo del bosque con fines de aprovechamiento es el de las concesiones forestales en la Reserva de la Biósfera Maya; este punto es importante considerarlo, ya que si se piensa en “reducir” la pérdida de los stock de carbono se debe contar con estrategias para la misma, y en este caso los grupos locales y su capacidad o interés para participar en ese proceso, son un factor clave a considerar.

En Guatemala se impulsan actualmente al menos tres proyectos pilotos a través de grupos interesados, ellos son, a) Proyecto en las Concesiones Forestales de la Reserva de la Biosfera Maya, promovido por los Concesionarios Forestales de Petén y Rainforest Alliance; b) Proyecto del Parque Nacional Sierra del Lacandón, promovido por Fundación Defensores de la Naturaleza, y; c) Proyecto en el Parque Nacional Lachuá, promovido por Fundación Lachuá y UICN. Tomando en cuenta que los tres proyectos están en áreas protegidas, el Consejo Nacional de Áreas Protegidas – CONAP- participa como coordinador por ser el ente responsable de la administración de los mismos; y en el último participa el INAB, por ser el ente Co-Administrador (Iturbide 2009).

6.15 Construyendo la plataforma para REDD

Línea de base de emisiones

La línea de base de emisiones por deforestación y degradación es una herramienta metodológica básica, que permite “predecir” la cantidad de emisiones que ocurrirán por pérdidas del stock de carbono (deforestación, degradación, entre otros), en ausencia de acciones que frenen las mismas. Este trabajo requiere la existencia de información histórica de la deforestación (o pérdida del stock) para tratar de “modelar” los factores que la han provocado, y con base en éstos *predecir* donde ocurrirá, y por ende donde se puede evitar la misma, así como, información del contenido de los stock de carbono. La introducción de “nuevas acciones” dentro de REDD+ seguramente requerirá el desarrollo de elementos conceptuales en las líneas de base, donde además de la reducción de emisiones hay incremento en el stock de carbono (Iturbide 2009).

CONAP con el apoyo de Rainforest Alliance, y con el soporte financiero del proyecto CONAP/Holanda, la Cooperación del Gobierno de Dinamarca (DANIDA) a través de la Asociación Gremial de Exportadores (AGEXPORT), y Wild Conservation Society (WCS); están trabajando en el desarrollo de una línea de base sub-nacional de emisiones por deforestación que incluye el departamento de Petén y la parte norte de Alta Verapaz e Izabal (sobre información generada por CEMEC/CONAP), la cual incluye las áreas de los tres proyectos indicados en el acápite anterior, y que permitirá generar la base metodológica para establecer el potencial de REDD para los mismos; así

mismo, podrá dar opciones a desarrollar propuestas para otras áreas que cubre el análisis (Iturbide 2009).

Este proceso metodológico deberá ampliarse para otras áreas como la Izabal, Sierra de las Minas, parte sur de Alta Verapaz y parte norte de Quiché y Huehuetenango donde se visualizan áreas que podría tener potencial para REDD. Es importante recalcar que esta línea de base se está haciendo para emisiones por deforestación, no considera degradación, o el incremento o conservación del stock de carbono, elementos que están siendo propuestos dentro de REDD+ (Iturbide 2009).

6.16 Certificación de carbono

El organismo que certifica, puede contribuir a generar estándares para la implementación y seguimiento de proyectos y programas nacionales y aún en menor escala; sistemas de indicadores, certificación de proyectos y emisiones; eco etiquetado en eficiencia energética; y sistemas de reporte. En América Latina existen estructuras de acreditación de entes de certificación ambiental y auditorías ambientales que podrían aprovecharse (PNUMA 1998).

Muchos países han estimado en toneladas métricas, la cantidad de carbono que sus bosques podrían producir. La capacidad de fijación de carbono es entonces traducida en Bonos Certificados Comerciables (CTO – Certified Tradable Offsets) y de esta manera poder sacarlos al mercado. Los CTOs están definidos como la cantidad determinada de reducción de emisiones de GHG (GEI) y se miden en toneladas métricas de carbono (mtC).

Empresas y gobiernos procedentes de países desarrollados son los compradores potenciales de éstos, ya que un mtC es equivalente a un mtG responsable de la contaminación de la atmósfera. Algunas iniciativas han comenzado a nivel mundial. Los precios han sido fijados por cada uno de los países involucrados como se muestra en el cuadro 1 (Miranda M. et al, citado por Cordón 2008).

Cuadro 1. Precios de carbono fijados de algunos proyectos involucrados en CTO (US\$).

País vendedor	Comprador	Nombre y tipo de proyecto	Precio US\$ Ctm
Costa Rica	Noruega	RFCAIJP-Proyecto de reforestación forestal	10
Bolivia	American Electric Power, USA	Parque Nacional Noel Kempff Protección forestal	0.5
Ecuador	GRF	Protección forestal	03--04
Guatemala	AES Thames, USA	Reforestación	1
Paraguay	AES Barber Point, USA	Agro silvicultura y preservación forestal	1.5
Malasia	NEES	Silvicultura sostenible	2
Rusia	Tenaska, USA	Forestación	01--02
USA	USA	Silvicultura sostenible	5

Fuente: Miranda, citado por Cordón (2008).

6.17 Potencial de carbono y fijación de dióxido de carbono en Guatemala

Guatemala podría aportar 30 millones de toneladas de carbono a la mesa de negociaciones internacionales sobre cambio climático, generadas mediante proyectos enmarcados dentro del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), según se desprende del estudio realizado por el proyecto de Bosques y Cambio Climático (PBCC) DE CCAD y FAO. Dicho estudio se efectuó para calcular el potencial de mitigación del sector forestal de Guatemala ante el cambio climático (reducción y absorción de CO₂ atmosférico) (Cordón 2008).

La investigación reveló que cerca de un 7% del territorio Guatemalteco (750 mil hectáreas) son aptas para desarrollar Proyectos MDL. (Mecanismo de Desarrollo Limpio), luego de hacer los ajustes de cual es la capacidad real del país, tomando en cuenta las limitaciones bio-físicas y socioeconómicas a nivel nacional.

Según el acuerdo de las Partes en Marrakech (que establece las normas detalladas para el protocolo de kyoto) los proyectos forestales que se pueden incluir dentro de los Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) son los proyectos de reforestación y forestación, así como, programas de manejo de sistemas terrestres que aumenten el nivel de fijación de carbono de dichos procedimientos (Cordón 2008).

Los proyectos de reforestación y manejo serán limitados a aquellos terrenos que carezcan de bosques al 31 de diciembre de 1989 y que no haya sido reforestados al año 2000 (“Tierras Kyoto” para el MDL). Las actividades forestales admisibles serán aquellas que se hayan iniciado en el 2000 o después, y que finalicen antes del 31 de diciembre del 2012; por lo tanto, la presencia de carbono almacenado fuera de éste periodo o almacenado en actividades no aceptadas dentro del MDL, se excluirá de la contabilidad del carbono negociable (Castellanos E. et al, citado por Cordón 2008).

Para determinar el potencial general de Guatemala, el estudio realizado se centró en los siguientes objetivos.

1. Establecer las áreas potenciales en fijación de carbono en las que se puede desarrollar proyectos de mitigación según el MDL (actividades de forestación y reforestación) en la República de Guatemala hasta el año 2012.
2. Estimar el potencial de fijación de carbono mediante proyectos de MDL en las áreas mencionadas.
3. Calcular la cantidad total estimada de carbono que podría ser negociada en Guatemala bajo los mecanismos de MDL.

En este estudio inicialmente se determinó la disponibilidad de Áreas Kyoto en Guatemala. Esto implica identificar las tierras disponibles para la forestación y reforestación desde 1990 y que en la actualidad estén todavía disponibles, es decir, que no tengan cobertura forestal. Para esto se utilizó el mapa de Cobertura Forestal de 1988 (PAFG) y el de 1999 (MAGA). El traslape de las áreas sin cobertura forestal en éstos dos mapas determinó la disponibilidad de tierra Kyoto, luego de hacer una corrección por las zonas donde no es posible reforestar los centros urbanos y regiones de muy baja precipitación (Cordón 2008).

Después de determinar la disponibilidad de área, se determinó el potencial de forestación y reforestación bajo el esquema de MDL de las tierras Kyoto ya definidas.

Este potencial se estableció considerando variables sociales (densidad de población, pobreza, nivel de educación), económicas (uso actual del suelo, tendencias de producción en los últimos años), biofísicas (uso potencial del suelo). El potencial calculado se traduce en el porcentaje total de tierras Kyoto, que se estima pueden ser usadas para desarrollar proyectos MDL. Estos programas pueden ser de forestación o reforestación (Cordón 2008).

Una vez determinada el área que podría usarse para proyectos MDL, se procedió a calcular el contenido de carbono de dos escenarios para el país, el de la línea base y el de los proyectos MDL (Cordón 2008).

El escenario de la línea base se calculó siguiendo las tendencias y proyecciones de reforestación para el país sin la presencia de proyectos MDL. Se utilizó la información de reforestación del Programa de Incentivos Forestales (PINFOR). El escenario con Proyectos MDL incluye la reforestación de PINFOR junto con proyectos de forestación generados por las negociaciones de carbono bajo el esquema MDL. Para todas las reforestaciones se utilizó un valor genérico de fijación de carbono de 120 toneladas de carbono /hectárea (Castellanos E. et al, citado por Cordón 2008).

La diferencia del contenido de carbono para el país entre estos dos escenarios representa la adicionalidad de carbono que Guatemala podría negociar. Este valor de adicionalidad es ajustado por variaciones en la permanencia de carbono y por los riesgos que el país presenta durante la vida del proyecto. Estos resultados se presentan en el cuadro 2, donde se muestra el total estimado de 30 millones de toneladas de carbono que Guatemala podría negociar en el mercado internacional sobre el cambio climático (Castellanos E. et al, citado por Cordón 2008).

Cuadro 2. Potencial de mitigación bajo el MDL. (Guatemala al 2012, en tonelada de carbono)

Descripción	Reforestación MDL Ton. C	Reforestación PINFOR Ton. C	Total toneladas C
Carbono total con proyecto	74,981,205	14,416,287	89,397,490
Carbono total en línea base		-14,416,287	-14,416,287
Carbono adicional	74,981,203		74,981,203
Corrección por permanencia	-37,490,601		-37,490,601
Corrección por riego	-7,498,120		29,992,482

Fuente: Castellanos, Martínez y Roldán (2003).

6.18 Certificados en fijación de carbono y su implementación en Guatemala

En relación a Guatemala, es muy poco lo que se ha desarrollado en relación al comercio por fijación de carbono en bosques naturales y plantaciones forestales, a través de certificados de carbono. Guatemala firmó el convenio marco sobre el Cambio Climático (CMCC) y lo ratificó en agosto del año 1995. Además Guatemala firmó y ratificó el convenio Centro Americano sobre Cambio Climático y ha firmado el Protocolo de Kyoto; En el año 1989 en una forma bilateral Guatemala ya tiene proyectos que se llamarían hoy un Proyecto de Actividades de Implementación Conjunta. Fue un proyecto pionero en el campo de la mitigación de emisiones de carbono (Boelscher V, citado por Córdón 2008).

La idea era compensar emisiones de una planta que genera electricidad en Connecticut, EEUU. Participo la AES Corporation, PEACE Corps, la dirección de Bosques de Guatemala, Cooperativas locales y la USIJI. Es importante anotar que los orígenes reales, del mercado del carbono se remontan a 1990, cuando la empresa Applied Energy Services desarrolló la idea de compensar su contaminación atmosférica mediante la protección de un bosque nativo en Guatemala amenazado de ser deforestado. Este proyecto conservó 10 millones de toneladas de Carbono durante cuatro años con un costo de US\$ 0.19/tonelada (Boelscher V, citado por Córdón 2008).

Luego de la Cumbre Ambiental de Río de Janeiro en 1992, fueron surgiendo otros proyectos, la mayoría de ellos basados en la protección de bosques naturales, financiados por Estados Unidos, Holanda, Noruega y otros países europeos. Los

precios oscilaron entre US\$ 0.20 y 2.00 por tonelada de Carbono, hasta que el gobierno de Costa Rica, decidió en 1997, vender certificados de mitigación de emisiones de GEI, por un total de 18 millones de toneladas, a un precio piso de US\$ 10/tonelada. Los mismos fueron comercializados en Estados Unidos y Noruega (Martino D. et al, citado por Cordón 2008).

Entre los proyectos propuestos por Guatemala en el marco de implementación conjunta cabe destacar:

- Proyecto sobre cambio de uso de la tierra y silvicultura (CUTS) y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para cinco concesiones forestales comunitarias, localizadas en la zona de uso múltiple de la Reserva de la Biosfera Maya (RBM) en el Departamento del Petén, Guatemala. Juntas estas cinco concesiones forestales comunitarias (CFC) abarcan un área total de 120,858 hectáreas; esto representa el 14% del área en la zona de uso múltiple y el 34% de lo que está en concesión.

Las cinco concesiones forestales comunitarias incluidas en el área del proyecto son San Miguel, La Pasadita, La Colorada, Cruce la Colorada y San Andrés. El uso principal de la tierra en la región que cubre el proyecto es el bosque húmedo subtropical. En éste momento, hay 115,703 hectáreas (Ha) de bosque remanente, lo que representa 19.5 millones de toneladas de biomasa y 8.7 millones de toneladas métricas de carbono equivalente (TMCE) (Cordón 2008).

- Diseño del proyecto de Mitigación del Cambio Climático en la Cuenca Sur del Lago de Atitlán, a partir de una línea base Cobertura 100 km², equivalente a dos (2) millones de toneladas de carbono que se calcula dejarían de ser emitidas, con el uso del suelo, con 70% destinado para conservación y 30% en sistemas agroforestales (Lanuza V, citado por Cordón 2008).

6.19 Biomasa y carbono

La biomasa es expresada en términos de peso seco, masa o volumen, y es la suma total de toda la materia viva existente en un ecosistema y en un momento determinado. Los estudios de biomasa son muy importantes, pues ayudan a comprender los ecosistemas forestales, ya que explican la forma de distribución de la materia orgánica en el sistema y permiten evaluar los efectos al ser intervenidos y el equilibrio en el ecosistema (Cordón 2008).

Existen diferentes métodos para estimar la biomasa, los utilizados más frecuentemente son: a) Aplicación de una ecuación de regresión específica a especies de árboles individuales a diámetro y/o otras medidas de los árboles; b) Aplicación de una ecuación de regresión genérica a diámetro y otras medias de árboles; c) Estimación de tablas de biomasa específicas para especies o genéricas basadas en diámetro y/o altura; d) Uso de tablas de rendimiento estándar para estimar el volumen de fuste y aplicando la gravedad específica se convierte a biomasa de fuste, posteriormente se aplica un factor de expansión para estimar biomasa total del árbol; e) uso de la técnica del árbol promedio (Cordón 2008).

6.20 Crecimiento de las especies forestales

El crecimiento de un árbol es, su aumento de tamaño en el tiempo y se puede expresar en términos del diámetro, altura, área basal o volumen. Según Louman, Valerio y Jiménez (2000). “El crecimiento es producto de los procesos de anabolismo o síntesis, y catabolismo. El primer proceso captura la energía necesaria para producir tejidos y para cumplir con las funciones del organismo. El segundo mantiene los tejidos y en este proceso consume y libera parte de la energía mediante la respiración”.

El crecimiento diamétrico (sin incluir la corteza), es el incremento que presenta el árbol cuando se acumulan capas de xilema alrededor del eje central del mismo. Éste puede ser continuo o periódico dependiendo del ambiente climático y la genética de la especie.

A la magnitud del crecimiento se denomina incremento. Todo crecimiento implica un estado inicial mensurable y cambios en ese estado con respecto al tiempo. De allí se puede hablar del Incremento Corriente Anual (incremento del último año de medición ICA) y el incremento medio anual (incremento promedio por año desde el año cero IMA)

6.21 Definición de bosque

Tierra con una cubierta de copa (o su grado equivalente de espesura) de más del 10 por ciento del área y una superficie superior a 0,5 hectáreas (ha). Los árboles deberían alcanzar una altura mínima de 5 metros (m) a su madurez in situ. Puede consistir ya sea en formaciones forestales cerradas, donde árboles de diversos tamaños y sotobosque cubren gran parte del terreno; o formaciones forestales abiertas, con una cubierta de vegetación continua donde la cubierta de copa sobrepasa el 10 por ciento (Davis 2000).

Dentro de la categoría de bosque se incluyen todos los rodales naturales jóvenes y todas las plantaciones establecidas para fines forestales, que todavía tienen que crecer hasta alcanzar una densidad de copa del 10 por ciento o una altura de 5 m.

También se incluyen en ella las áreas que normalmente forman parte del bosque, pero que están temporalmente desarboladas, a consecuencia de la intervención del hombre o por causas naturales, pero que eventualmente volverán a convertirse en bosque; Incluye viveros forestales y huertos semilleros, que forman parte integral del bosque; caminos forestales, senderos talados, cortafuegos y otras pequeñas áreas abiertas; bosques que integran parques nacionales, reservas de la naturaleza y otras áreas protegidas que sean de interés espiritual, cultural, histórico o científico; cortavientos y cinturones de protección formados con árboles, con una superficie superior a 0,5 ha y un ancho mayor a 20 m; plantaciones utilizadas principalmente para fines forestales, incluidas las plantaciones de árboles de caucho y rodales de alcornoque. Excluye tierras utilizadas, primordialmente para prácticas agrícolas (Davis 2000).

6.22 Bosques Naturales según la clasificación usada en el FRA 2000

Los bosques naturales son bosques compuestos por árboles autóctonos, no plantados por el hombre. En otras palabras, son bosques que excluyen las plantaciones. Los bosques naturales se clasifican además siguiendo los criterios de formación boscosa (o tipo) cerrada/abierta, grado de intervención humana y composición de las especies.

- **Subdivisiones de los Bosques Naturales según su formación boscosa**

- a) Bosques cerrado**

Los bosques cerrados son formaciones de árboles de distinta alturas y el sotobosque abarcan una gran parte del terreno (>40%) y no poseen una capa continua y densa de pasto. Se trata de bosques manejados o no, primarios o en estado avanzado de reconstrucción, que puedan haber sido características de rodales forestales, posiblemente con una mejora estructura y composición modificada. Ejemplos típicos de bosque tropical cerrado incluyen el bosque tropical húmedo y bosque de manglares. Los bosques cerrados a su vez se subdivide según su composición (Davis 2000).

- **Bosque latifoliado**

Se denomina así aquel bosque donde las especies arbóreas predominantes (más del 75% de la cubierta de copa) corresponden a latifoliado.

- **Bosque de coníferas**

Se refiere al tipo de bosque donde las coníferas son las especies predominantes (más del 75% de la cubierta de copa) corresponden a conífero.

- **Bosque mixto o de pino encino**

Son aquellos bosques en el cual ni coníferas, latifoliadas, palmeras o bambús representan más del 75% de la cubierta de copa.

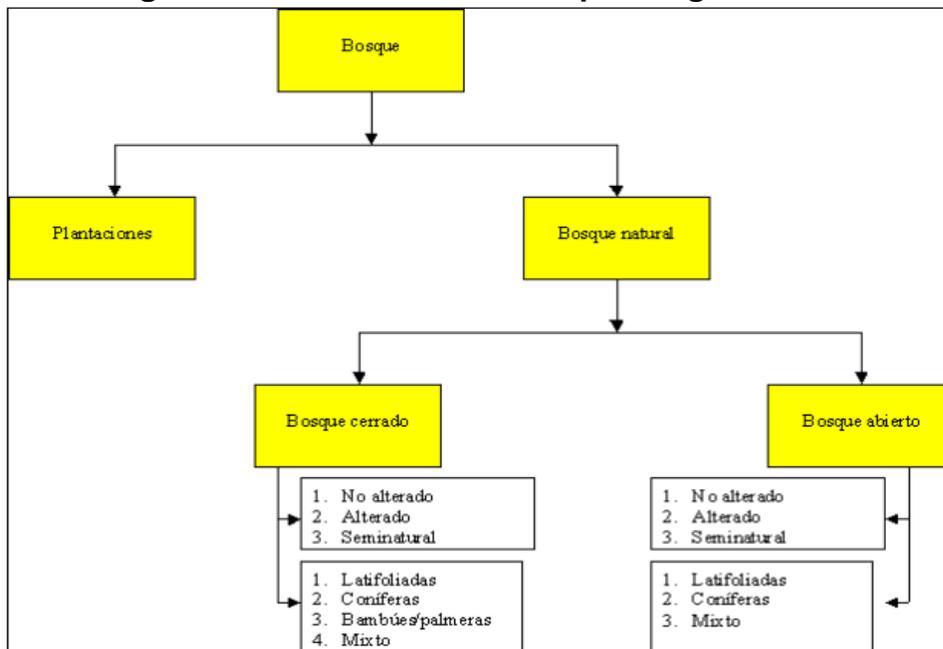
- **Formaciones de bambú o/ y palmeras**

Comprenden zonas forestales donde más del 75 por ciento de la cubierta de copa está formada por especies diferentes a las latifoliadas y a las coníferas (por ejemplo con forma de árboles de las familias de los bambúes, palmeras, helechos entre otras) (Davis 2000).

b) Bosques abiertos

Son formaciones con una distribución discontinua de árboles, pero con una cobertura de copa de al menos 10 por ciento y menos del 40 por ciento. Generalmente hay una cubierta continua de pasto, que permite el pastoreo y la propagación de incendios. (Entre los ejemplos se cuentan las diversas formas del bosque "cerrado" y del "chaco" en América Latina; las sabanas arbustivas y las tierras boscosas del África). Los bosques abiertos se subdividen en bosques latifoliado, de coníferas y mixtos usando las mismas definiciones que se aplican a los bosques cerrados (Davis 2000).

Figura 3. Clasificación de bosques según FRA 2000.



Fuente: Davis (2000).

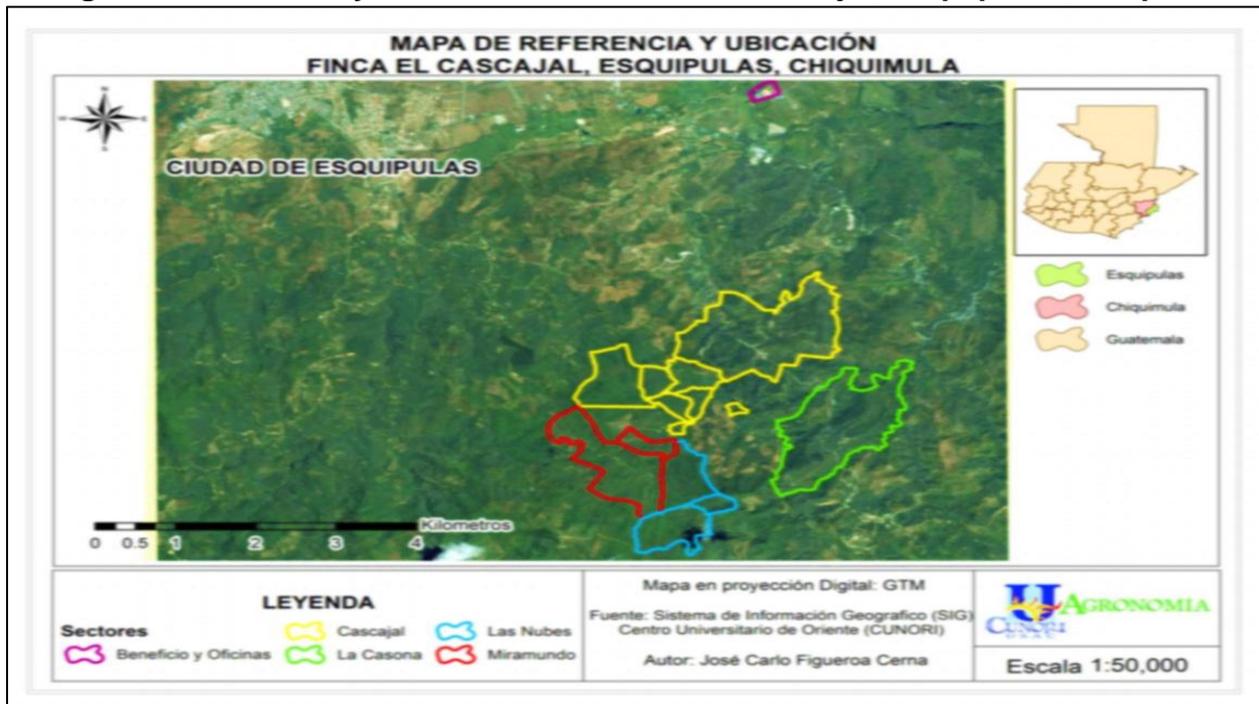
7. MARCO REFERENCIAL

7.1 Ubicación del área de estudio

El Municipio de Esquipulas está situado en la parte sur-oriental del departamento de Chiquimula, República de Guatemala, Centro América, en el área del Trifinio de las líneas divisorias entre las repúblicas de El Salvador, Honduras y Guatemala, a una altitud que oscila entre los 600 metros SNM y 2,500 metros en las montañas más altas. Colinda al norte con los municipios de Olopa, Jocotán y Camotán del departamento de Chiquimula. Al Sur con municipio de Concepción las Minas y el país de Honduras. Al oriente con los departamentos de Copán y Ocotepeque de Honduras y al poniente con el municipio de Concepción las Minas y parte de Quezaltepeque del departamento de Chiquimula, Guatemala.

La finca El Cascajal se encuentra ubicado en aldea San Nicolás del municipio de Esquipulas, departamento de Chiquimula, en el oriente de Guatemala, Centro América. Situada a 8 kilómetros de la cabecera municipal de Esquipulas y a 230 kilómetros de la capital de Guatemala. En la figura 4, se observa la ubicación y referencia de la finca.

Figura 4. Ubicación y referencia de la finca El Cascajal, Esquipulas, Chiquimula.



Fuente: Figueroa Cerna (2013).

7.2 Vías de acceso

Para ingresar a la finca El Cascajal, se llega por la ruta CA-10, que conduce hasta el municipio de Esquipulas, hasta llegar a la carretera asfaltada que se dirige hacia la frontera de Agua Caliente de Honduras, se encuentra habilitado un camino de terracería transitable por vehículos de doble tracción en la aldea Atulapa, en el kilómetro 227.5, se toma un desvío de terracería de 1 km, después del badén del río que lleva el mismo nombre, se encuentra el área del beneficio húmedo de café. Dentro del área de la finca existe una red interna de caminos de terracería que conectan cada uno de los sectores.

Las oficinas centrales de la finca El Cascajal, tienen acceso sobre el kilómetro 227.5 de la carretera CA-10 mediante un desvío que conduce a un camino de terracería de 2 km de longitud.

7.3 Extensión de la finca El Cascajal

El área que actualmente posee la finca El Cascajal es de 654.6 hectáreas distribuidas en: 348.10 hectáreas de área boscosa, 286.92 hectáreas de café y 19.58 hectáreas de guamil. La finca está dividida en sectores y subsectores como se detallan en el cuadro 3.

Cuadro 3. Sectores y sub-sectores en la finca El Cascajal, Esquipulas, Chiquimula, 2013.

No.	Sector	Sub-sector
1	El Cascajal	Pino
		El Barrial
		El Cerro
		El Guinellal
		Matasano
		Zompopero I
		El Zarzalón
2	El Miramundo	
		El Guayabito
		Miramundo II
		Las Comadritas
3	Las Nubes	
		El Nuez
		Las Nubes
		El Tecomapa
4	La Casona	
		Casona

Fuente: Elaboración propia (2013).

7.4 Características biofísicas del área de estudio

7.4.1 Zona de vida

Por su condición topográfica finca el Cascajal se encuentra ubicado en dos zonas de vida; en las partes más bajas se encuentra la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical templado *bh-S (t)*. Esta zona de vida se caracteriza por lluvias frecuentes, especialmente entre mayo y noviembre. La bio-temperatura oscila entre 20° y 26° C. Los terrenos que abarca son de relieve ondulado y accidentado. En las partes más altas de la finca pertenece a la zona de vida Bosque muy húmedo Subtropical frío *bmh-S(f)* (Finca El Cascajal 2013).

7.4.2 Clima

El municipio de Esquipulas, posee un clima variado entre cálido, templado, húmedo y seco. Cuenta con una precipitación promedio anual de 2,000 mm y una temperatura promedio de 22°C, bajando hasta 10°C; los meses más calientes son marzo y abril y los más fríos diciembre y enero. La época de lluvia es de mayo a octubre, habiendo semanas de chubascos en noviembre, diciembre y enero, que se conoce como lluvias temporales (Finca El Cascajal 2013).

7.5 Recursos naturales

7.5.1 Agua

El recurso agua es abundante en época de lluvia en la finca El Cascajal debido a que se encuentra en una zona de recarga hídrica de la cuenca del río Atulapa; el agua es captada mediante los diferentes nacimientos y quebradas que se encuentran en el lugar, para ser utilizada en las diferentes labores de la finca. El agua utilizada para las instalaciones del beneficio de café es captada directamente de la parte baja del río Atulapa, para sus diferentes usos (Finca El Cascajal 2013).

7.5.2 Flora

Finca El Cascajal posee remanentes boscosos de pino encino y sotobosque, convertidos en hábitats de muchas especies de aves, tanto residentes como migratorias. De acuerdo a la información recabada por la unidad productiva de la finca, existe gran diversidad de especies nativa que forman parte del patrimonio natural,

resaltando por su importancia las especies de: ciprés (*Cupressus lusitanica*), liquidámbar (*Liquidambar styracifolia* L.), llorón (*Cornus disciflora*), duraznillo (*Sageretia elegans*), roble amarillo (*Quercus oleoides* Schlectedal), coníferas (*Pinus occarpa*) y muchas otras como el helecho gigante o Chipe. Es relevante destacar la diversidad de orquídeas que se encuentran en la finca, más de cien especies de orquídeas, siendo la *Ornithocephalus cascajalensis* Archila, la orquídea representativa (Finca El Cascajal 2013).

7.5.3 Fauna

Existe gran diversidad de fauna que habita el área de la finca, especies como el conejo, coyotes, gato de monte, iguana, sapo, tacuacín, tepezcuintle, zorrillos. Es además el refugio natural de mamíferos y otras especies animales que son protegidas celosamente como el venado de cola blanca, mapaches, comadreja, cotuzas, armadillos y jaguarundis, que son una especie de felino de pelaje pardo a negro uniforme, cuyo estado de conservación es altamente preocupante (Finca El Cascajal 2013).

La Finca cuenta con ciento setenta y seis especies de aves, entre residentes y migratorias, forman parte del inventario realizado por la Fundación para el Desarrollo y la Conservación (FUNDAECO) que pueden ser admiradas en el bosque latifoliado y en las plantaciones de café. Es importante resaltar el incremento sustentable del número de especies de la familia Parulidae y la presencia del *Vermivora chrysostrera*, que es un chipe vulnerable a nivel mundial (Finca El Cascajal 2013).

7.5.4 Suelo

Sancé (2009) determinó las categorías de uso de suelo identificadas según el USDA, para finca El Cascajal corresponden a las categorías: **IV** (Para cultivos con métodos especiales), **V** (Pastos), **VI** (Para bosques productores) y **VII** (Para bosques de protección). Con porcentajes de presencia del 12.54%, 41.49%, 30.83% y 14.84%, respectivamente.

Las clasificaciones taxonómicas de suelos encontradas en la finca son entisoles, inceptisoles, andisoles y alfisoles; en un porcentaje de presencia del 40.0%, 18.22%, 38.46% y un 3.33%, respectivamente.

- **Entisoles:** Los suelos presentan un proceso de acidificación progresiva, probablemente asociado al uso de fertilizantes de efecto residual ácido y a la falta de uso adecuado de enmiendas para mejorar la condición del suelo y la fertilidad. Estos suelos están localizados en los sectores de la finca El Zarzalón, La Casona, El Matasano, El Sompopero, El Guineal, El Cerro y El Barrial.
- **Inceptisol:** Los suelos presentan un proceso de acidificación progresiva, probablemente asociado al uso de fertilizantes de efecto residual ácido y a la falta de uso adecuado de enmiendas para mejorar la condición del suelo y la fertilidad. Este tipo de suelo está situado en La Casona, El Barrial, El Sompopero, Anexo Abel, El Cerro, El Guineal, Miramundo I, Miramundo II, El Guayabito, El Nuez, Tecomapa y las Nubes.
- **Andisol:** Los suelos presentan un proceso de acidificación progresiva, probablemente asociado al uso de fertilizantes de efecto residual ácido y a la falta de uso adecuado de enmiendas para mejorar la condición del suelo y la fertilidad. Sectores como Miramundo II, El Nuez, Tecomapa y las Nubes.
- **Alfisol:** Los suelos presentan un proceso de acidificación progresiva, probablemente asociado al uso de fertilizantes de efecto residual ácido y a la falta de uso adecuado de enmiendas para mejorar la condición del suelo y la fertilidad. Los sectores en donde se identificó están Miramundo II, El Nuez, Tecomapa y las Nubes.

Los suelos presentan un proceso de acidificación progresiva, probablemente asociado al uso de fertilizantes de efecto residual ácido y a la falta de uso adecuado de enmiendas para mejorar la condición del suelo y la fertilidad.

7.6 Recursos físicos

En el área de la finca se cuenta con maquinaria y equipo básico, para desarrollar actividades agrícolas, específicamente del cultivo de café:

- Equipo y herramienta agrícola: bombas de mochila, bombas de motor, azadones, piochas, palas, chuzos. Vehículos; pick up y motocicleta.
- Equipo de oficina: computadoras, scanner, impresora, aires acondicionados cañoneras, archiveros, escritorios, cámaras digitales, material didáctico, cafetera, dispensador de agua.
- Maquinaria y equipo: GPS, tractores, tecnología avanzada para los procesos de producción de café.
- Vehículos: tipo pick-up, camiones doble eje, motocicletas.
- Servicios: internet, teléfono fijo y móvil, energía eléctrica mediante una planta generadora de energía.

7.7 Investigaciones relacionadas con el tema

- **Estimación del carbono fijado en el Parque Nacional Montecristo, ubicado en el municipio de Metapan, departamento de Santa Ana, el Salvador.**

En el año 2012, Enamorado estimó un total de 1,000,559.06 tC (toneladas de carbono) fijadas, de las cuales el 72% lo aporta el bosque secundario y el 28% el bosque primario, convirtiéndose en un área de suma importancia para El Salvador y la región trífino, por ser uno de los principales sumideros de carbono.

Cuadro 4. Contenido de carbono fijado (tC/Ha) en el Parque Nacional Montecristo, El Salvador, 2012.

Área (Ha)	Suelo (tC/Ha)	Árboles (tc/Ha)	Arbustos (tc/Ha)	Hojarasca (tc/Ha)	Maleza (tc/Ha)	Contenido total de carbono por estrato (tC)
1770.12	39.618	315.011	30.907	20.285	1.497	721,000.37
284.17	65.496	872.055	25.19	20.02	1.011	279,558.69
2054.29	Contenido de Carbono en el Parque Nacional Montecristo (tC)					1,000,559.06

Fuente: Enamorado Chigua (2012).

- **Estimación de carbono fijado en el ecosistema de bosque latifoliado de la zona núcleo del cerro 1019, ubicado en el área de protección especial, Sierra Santa Cruz, municipio de Livingston, departamento de Izabal, Guatemala.**

En el año 2012, Villagrán estimó 5,514,803.18 tC fijadas en un área de 5680 Ha distribuidas en: 5, 150,066.12 tC en el bosque latifoliado y 4,737.04 tC en el ecosistema de ganadería extensiva.

Cuadro 5. Contenido de carbono fijado (tC/Ha) en la zona núcleo del cerro 1019, Santa Cruz, Livingston, Izabal, Guatemala, 2012.

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/Ha)
Bosque latifoliado	5570	46.17	821.198	21.477	35.701	0.062	924.608	5,150,066.12
Ganadería extensiva	110	31.88	0	0	0	11.184	43.06	4,737.04
Contenido de carbono en la zona núcleo del cerro 1019, Sierra Santa Cruz, Livingston (tC)								5,154,803.18

Fuente: Villagrán James (2012).

- **Estimación de carbono fijado en los ecosistemas de la cuenca del río tacó, municipio de Chiquimula, departamento de Chiquimula, Guatemala.**

En el año 2011, Villela estimó 260,205.582 tC fijadas en un área de 2373.77 Ha (hectáreas) distribuidas en: 131,971.294 tC en el bosque de coníferas; 43,179.260 tC en el área de cultivos; 41,199.320 tC en el bosque mixto; 17,859.357 tC en el área de arbustos y matorrales; 17,494.739 tC en el monte espinoso y 8,901.611 tC en el bosque latifoliado, en la cuenca del Río Tacó, Chiquimula.

Cuadro 6. Contenido de carbono fijado (tC/Ha) en la cuenca Río Taco, Chiquimula, 2011.

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/Ha)
Bosque coníferas	947.870	30.979	97.424	0.933	9.527	0.367	139.229	131971.294
Área de cultivos	607.640	42.108	23.942	3.025	1.423	0.563	71.061	43179.260
Bosques mixto	402.300	26.092	68.236	0.212	7.132	0.738	102.409	41199.320
Arbustos y matorrales	221.640	39.937	22.109	16.864	1.070	0.598	80.578	17859.357
Monte espinoso	142.830	56.975	52.054	10.356	2.207	0.894	122.486	17494.739
Bosque latifoliado	51.490	24.650	132.804	0.167	14.912	0.347	172.880	8901.611
Contenido de carbono en la cuenca del Río Tacó (tC)								260,605.58

Fuente: Villela Morataya (2011).

- **Estimación de carbono fijado en la zona núcleo de la Reserva Biosfera Trifinio (Guatemala)**

En el año 2010, Jordán estimó 840,824 tC fijado en un área de 2110.3 Ha (hectáreas) de la zona núcleo del Área Protegida Trinacional Montecristo en el área de Guatemala, lo que lo posiciona como un bosque con alto contenido de carbono. Esto puede justificarse debido a que dicho bosque es nuboso, que posee árboles maduros y de gran tamaño. Los estratos que presentaron mayor contenido de carbono en el ecosistema fueron; los árboles, seguido por la variable de suelos.

Cuadro 7. Contenido de carbono fijado (tC/Ha) en la zona núcleo de la Reserva de Biósfera 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/ha)
Bosque primario	1432.6	50.976	335.383	35.77	2.415	0.328	424.87	608,674
Bosque secundario	442.54	48.429	291.454	42.612	3.85	0.228	386.57	171,074
Área de arbustos	206.59	60.098	168.734	53.577	2.928	0.41	285.73	59,028
Área de cultivos	28.57	69.609	0	0	0	2.093	71.7	2,048
Contenido de carbono en la zona natural de la reserva de Biósfera Trifinio (tC)								840,824

Fuente: Jordán Aguirre (2010).

- **Almacenamiento del carbono en bosques con manejo forestal sostenible en la Reserva Biósfera Maya, Petén, Guatemala.**

En el año 2002, se realizó la investigación de contenido de carbono en la Reserva Biósfera Maya del departamento de Peten. El objetivo de la investigación fue estimar la biomasa aérea total y el contenido de carbono en la vegetación, hojarasca y suelo de las unidades de manejo “Río Chanchich” y “Uaxactún”. Además, evaluar la capacidad de recuperación del carbono. Se realizaron muestreos sistemáticos en parcelas de 0.025 Ha registrando información dasométrica de toda la vegetación. En total, se encontraron 96 especies distribuidas en todas las clases diamétricas.

Se utilizaron técnicas destructivas e indirectas para estimar la biomasa. Paralelamente, se obtuvieron muestras para estimar gravedad específica (GE), fracción de carbono y se estimó el factor de expansión de biomasa. Los análisis de GE no mostraron variabilidad estadística entre órgano, especie y unidades de manejo, habiéndose reportado valores mayores para “Río Chanchich”. La fracción de carbono resultó en 0.50.

Los valores de factor de expansión de biomasa (FEB) encontrados para “Uaxactún” fueron mayores que para “Río Chanchich” en fustales, el valor promedio fue de 1 a 60. Se generaron modelos alométricos para estimar biomasa área total. Todos los modelos fueron de tipo logarítmico y se ajustan con una precisión aceptable a los datos reales de la biomasa.

- **Carbono fijado por plantaciones forestales**

En mayo de 1999, Fundación Solar desarrolló un pre-muestreo del carbono fijado por las plantaciones de hule, en Guatemala, para determinar el valor de fijación que tiene este sistema productivo. Esta pequeña investigación se hizo para la Gremial de Huleros de Guatemala con financiamiento del Instituto Nacional de Bosques. Un total de 6 parcelas circulares de 500m² fueron establecidas. En las parcelas se midió el DAP de los árboles, se colectó maleza, hojarasca y suelo; (Márquez 2000). Los valores de fijación de carbono obtenidos con este pre-muestreo se presentan en el cuadro 8.

Cuadro 8. Contenido de carbono fijado (tC/Ha) por el sistema de cultivo de hule en Guatemala, 1999.

Arboles	Hojarasca	Malezas	Suelos	Raíces	Total (tC/Ha)
75	4	0	50	16	145

Fuente: Márquez (2000).

Los resultados del pre-muestreo indican que el cultivo de hule contiene unas 145 tC/Ha (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 (Márquez 2000).

- **Valores de fijación de carbono para 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. Se investigaron los bosques latifoliado y mixto de la Cuenca Sur del Lago de Atitlán (Márquez 2000). Los valores para fijación de carbono se detallan en el cuadro 9.

Cuadro 9. Contenido de carbono fijado (tC/Ha) en los bosques latifoliado y mixto en Atitlán, Sololá, Guatemala, 1999.

Tipo de bosque	Biomasa arriba del suelo	Biomasa abajo del suelo	Hojarasca	Suelo (10cm)	Total
Mixto (n=6)	207	41	43	49	340
Latifoliado (n=15)	287	58	22	42	410

Fuente: Márquez (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, 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).

- **Determinación del carbono contenido en un sistema agro-forestal**

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). Los resultados se presentan en el cuadro 10.

Cuadro 10. Contenido de carbono fijado (tC/Ha) en el sistema agroforestal de producción de café, San Juan La Laguna, Sólola, Guatemala, 1998.

Descripción	Biomasa arriba del suelo	Biomasa abajo del suelo	Hojarasca	Suelo (30cm)	Total
Café (n*=9)	27	4	6	48	85
Tierras degradadas	4	0	1	29	34
Cultivos anuales (n=3)	1	0	1	33	35

Fuente: Márquez (2000).

*n se refiere al número de unidades productivas muestreadas.

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. Winrock utilizó 2 parcelas de 250m² de forma circular para cada una de las unidades productivas visitadas.

Los resultados de estas parcelas se sumaban y se consideraban una parcela de muestreo de 500m². En 1997, Lilian Márquez, bajo contrato con Winrock, 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 (Márquez 1997).

- **Inventario de carbono en bosques de coníferas y nuboso en Chiquimula, Guatemala.**

El Dr. 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 realizó un inventario de carbono en Chiquimula, Guatemala. Los sitios visitados fueron 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 encuentra bosques de coníferas entre los 500 y 1500 msnm. También se puede encontrar bosque nuboso a elevaciones arriba de los 1,600 msnm. Las parcelas establecidas se encuentran en el rango de elevación de 942 metros a 1678 msnm y poseen bosques dominados por pino de ocote (*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. Los bosques comunales de coníferas de Tesoro y Cebollas son utilizados como fuentes de leña y madera de construcción. El bosque comunal latifoliado de las Cebollas y el bosque de coníferas de San José están protegidos y sin ningún aprovechamiento reciente. El bosque de coníferas de Tachoche se encuentra en un sistema de rotación para aprovechamiento. El inventario se realizó utilizando parcelas cuadradas concéntricas. El total de carbono estimado tiene un rango de variabilidad de ± 50 tC/Ha (Márquez 2000). Los resultados se presentan en el cuadro 11.

Cuadro 11. Contenido de carbono fijado (tC/Ha) en bosques de coníferas y nuboso en Chiquimula, Guatemala.

Lugar	Sotobosque	Bosque	Hojarasca	Suelo (10cm)	Total
San José n*=51	6.45	67.1	5.05	31.1	110
Tachoche n=40	6.4	64.8	64.8	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 latifoliadas n=15	7.1	91.2	6.1	71	176

Fuente: Márquez (2000).

*n se refiere al número de parcelas establecidas

- **Caracterización vegetal y de suelos de bosques secundarios en la Reserva de la Biósfera Maya en Petén, Guatemala**

En el departamento de Petén, Guatemala, el Dr. Edwin Castellanos en colaboración con Gustavo Rodríguez y Ramón Manzanero de Pro Petén, hicieron mediciones del contenido de carbono de los bosques latifoliados dentro de la Reserva de la Biósfera Maya. La metodología 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. 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 tC/Ha.

Cuadro 12. Contenido de carbono fijado (tC/ha) en la Reserva de la Biósfera Maya en Petén, Guatemala.

Lugar	Sotobosque	Bosque	Hojarasca	Suelo (10cm)	Total
Carmelitas/Guacamayas n*=14	14.3	99.9	3.74	81.2	199

Fuente: Márquez (2000).

8. MARCO METODOLÓGICO

8.1 Descripción de la metodología

La metodología propuesta que se utilizó, se fundamenta en el procedimiento empleado por Winrock y el CEA-UVG (Centro de Estudios Ambientales de la Universidad del Valle de Guatemala) y adaptada, en el estudio de “Estimación de carbono orgánico almacenado en los bosques de la finca el Cascajal” ya que reúne las consideraciones y experiencias de diferentes autores, quienes han perfeccionado las técnicas de muestreo a lo largo de los años. Para el desarrollo de la metodología se debe realizar el siguiente procedimiento.

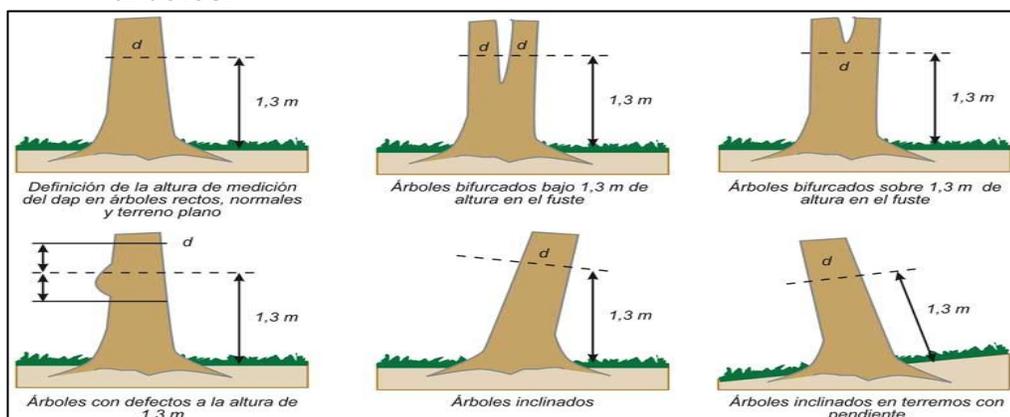
8.2 Estimación de carbono orgánico fijado en los estratos de bosques

8.2.1 Descripción de las variables estudiadas

a) Biomasa arriba del suelo

La biomasa arriba del suelo estará compuesta por los árboles, vegetación arbustiva y maleza. Estos componentes de la biomasa se deberán muestrear en parcelas de proporciones acordes a cada tipo de vegetación, de la siguiente manera, en la parcelas de 1m^2 se tomarán muestras de maleza, en la parcela de 30m^2 los arbustos y en la parcela de 500m^2 los árboles. En las especies forestales el diámetro a la altura del pecho (DAP) se mide con cinta diamétrica a 1.30 m del suelo. En la figura 5 se muestra el uso correcto de la cinta diamétrica.

Figura 5. Uso correcto de la cinta diamétrica, en la medición de DAP en árboles.



Fuente: Programa Regional REDD, Centroamérica y República Dominicana (2014).

b) Biomasa abajo del suelo

La biomasa abajo del suelo se refiere a las raíces de la vegetación del ecosistema estudiado. La importancia de éstas en actividades como competencia por nutrientes y agua en el suelo, dinámica de producción, descomposición de raíces para el ciclaje de nutrientes y secuestro de carbono. Sin embargo, por razones de costos y por estudios previos realizados para esta variable se tomó un factor constante de 24% del porcentaje de la biomasa arriba del suelo, el porcentaje se tomó de la tabla propuesta por el IPCC.

c) Hojarasca y materia vegetal muerta

La hojarasca está constituida por toda aquella vegetación que se encuentra en proceso de descomposición. Toda la biomasa no viva sobre el suelo (hojas, ramas y cáscaras de frutos) en diferentes estados de descomposición, comprende las capas de detritos y humus. Se puede establecer previamente un diámetro mínimo para diferenciar de “madera muerta” (por ejemplo, 10 cm).

Para la colecta de muestras, se tuvo el cuidado de recoger toda la capa de materia en descomposición incluyendo el humus y la materia vegetal muerta que no esté en proceso de descomposición. Para la materia vegetal muerta se tomó en cuenta árboles muertos ya sea en pie o caídos. Los árboles muertos en pie o caídos se tomaron las parcelas correspondientes a los diámetros respectivos de árboles vivos en la parcela de 500m².

d) Suelos

Para la variable suelo se determinó el contenido de carbono en los primeros 10 cm de profundidad.

8.2.2 Actualización del mapa de uso del suelo

Para la actualización del mapa de uso de suelo de la finca El Cascajal, se realizó varios recorridos por los linderos de los lotes de plantaciones nuevas de café, que no estaban identificadas en los mapas existentes, para ello se utilizó equipo de GPS marca GARMIN, con un margen de error de más o menos de 3m y programas de SIG. Con la información recolectada y generada, se elaboraron polígonos para delimitar las nuevas

áreas y con ello actualizar el mapa del uso de suelo, identificando principalmente el área con bosques de la finca. Después de elaborar el nuevo mapa, se corroboró a nivel de campo con la participación de la administración de la finca; de acuerdo al mapa de usos de suelo, la finca cuenta con un área de 654.6 Ha, distribuidas de la siguiente manera tal como se muestra en el cuadro 13.

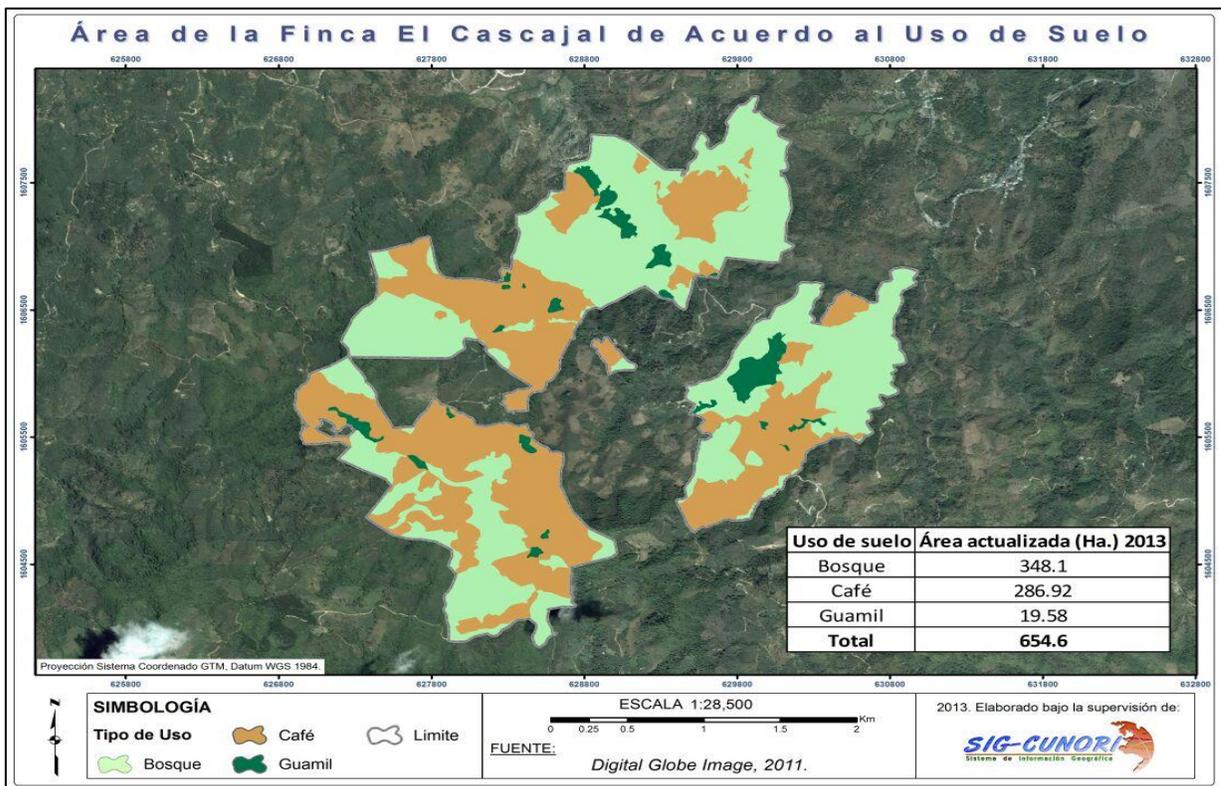
Cuadro 13. Área de la finca El Cascajal de acuerdo al uso del suelo, 2013.

Uso de suelo	Área (Ha), 2007	Área actualizada (Ha), 2013
Bosque	391.83	348.10
Café	238.60	286.92
Guamil	24.18	19.58
Total	654.6	654.6

Fuente: Elaboración propia (2014).

En el cuadro 13, se observan los resultados de la actualización de uso del suelo de la finca, lo que demuestra que el área para bosque corresponde a 348.10 Ha, dato que refleja una disminución del 11.16% del área, correspondiente a 43.73Ha de bosque, debido a que en el año 2007 la finca contaba con 391.84 Ha, estas disminuciones se debe al cambio de uso de suelo, aumentando las áreas de cultivo de café. En la figura 6, se muestra el área de uso de suelo actual que posee la finca El Cascajal.

Figura 6. Área de uso de suelo de la finca El Cascajal, Esquipulas, Chiquimula, 2013.

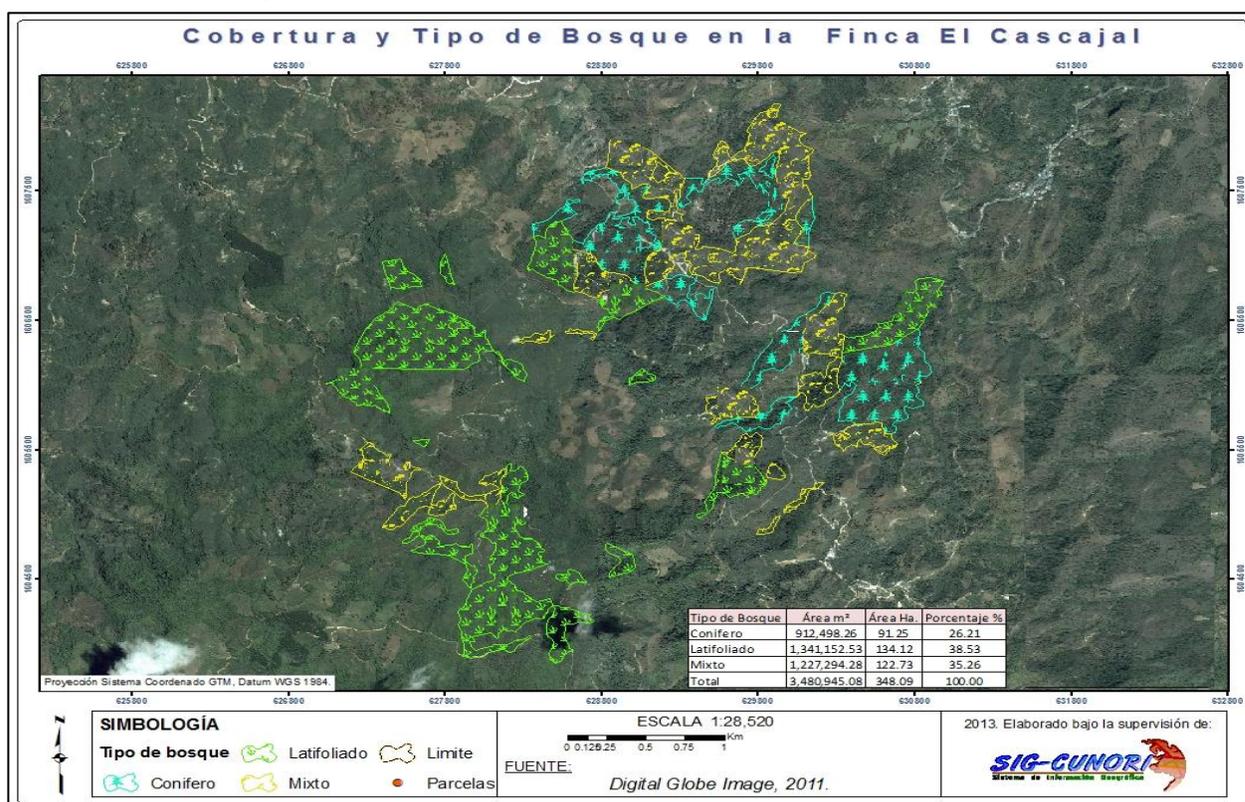


Fuente: SIG-CUNORI (2013).

La actualización de usos del suelo de la finca, se realizó para conocer el área actual de bosque, ya que para establecer el diseño de muestreo, se necesita conocer el área. Con el área de bosque actualizada se procedió a clasificar por tipo de bosque y con ello se establecieron los estratos de muestreo.

Las 348.10 Ha de bosque se clasificó por tipo de bosque, en estratos de la siguiente manera, 91.25 Ha para el estrato de bosque conífero, 134.12 Ha para el estrato de bosque latifoliado y 122.73 Ha para el estrato bosque mixto. En la figura 7 se muestra la cobertura y el tipo de bosque.

Figura 7. Cobertura y tipo de bosque de la finca El Cascajal, Esquipulas, Chiquimula, 2013.



Fuente: SIG-CUNORI (2013).

8.2.3 Diseño del inventario

Para el desarrollo del inventario se utilizaron parcelas concéntricas circulares en las áreas de los bosques de la finca El Cascajal.

El procedimiento para llevar a cabo el inventario de carbono consistió primeramente en estratificar las áreas de bosques, tomando en cuenta, la topografía, tipo de suelo y tipo de bosque. Dicha estratificación se realizó analizando los mapas generados de la finca y otra información de apoyo para poder delimitar lo más detallada posible. Seguidamente se agruparon los estratos homogéneos y se calculó el área total. Identificando 3 tipos de estratos, bosque conífero, bosque latifoliado y bosque mixto.

8.2.4 Diseño del muestreo

Para la distribución de las parcelas, se utilizó el muestreo estratificado aleatorio sin reemplazo. La intensidad de muestreo fue de 0.2% del total del área, para lo cual se

determinó el área total de bosque en la finca, y se agruparon en estratos de acuerdo al tipo de bosque, con el propósito de realizar una distribución adecuada de las parcelas en cada una de las áreas y obtener datos representativos del bosque. Para calcular el número de parcelas se utilizó la siguiente ecuación:

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

Dónde:

N = Número de parcelas por estrato
 A = Área total de estratos homogéneos (Ha)
 %M = Porcentaje de muestreo (0.2%)
 T = Tamaño de parcela (m²)

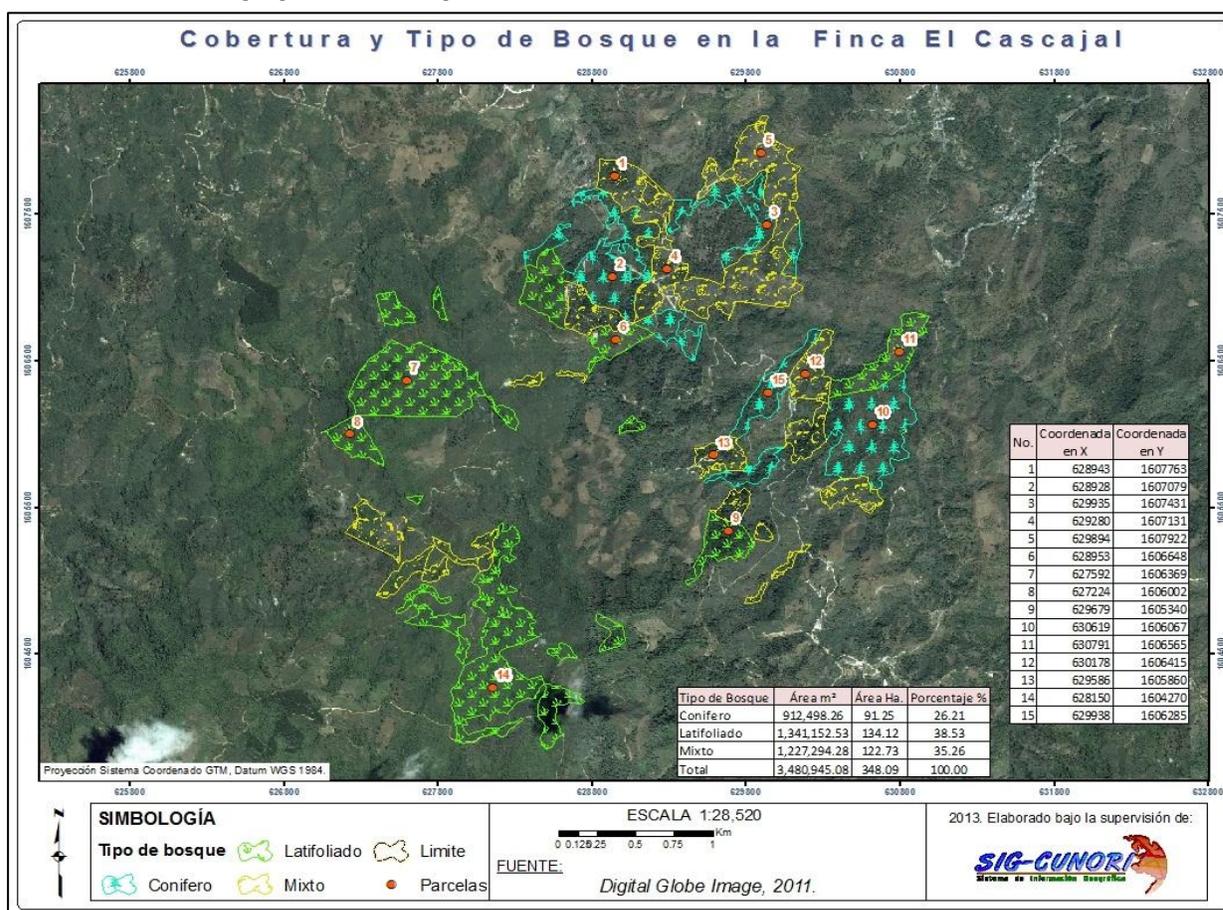
En el cuadro 14, se muestra la aplicación de la ecuación, para determinar el número de parcelas y en la figura 8 se muestra la ubicación de las mismas.

Cuadro 14. Determinación del número de parcelas que se muestrearon en cada estrato de bosque, por medio de la ecuación, en la finca El Cascajal, Esquipulas, Chiquimula, 2013.

Estrato	Área actualizada	$N=A*\%M(10000/T)$	No. de parcelas
Conífero	91.25	3.65	4
Latifoliado	134.12	5.36	6
Mixto	122.73	4.9	5
Total			15

Fuente: Elaboración propia (2014).

Figura 8. Ubicación de las 15 parcelas muestreadas en la finca El Cascajal, Esquipulas, Chiquimula, 2013.



Fuente: SIG-CUNORI (2013).

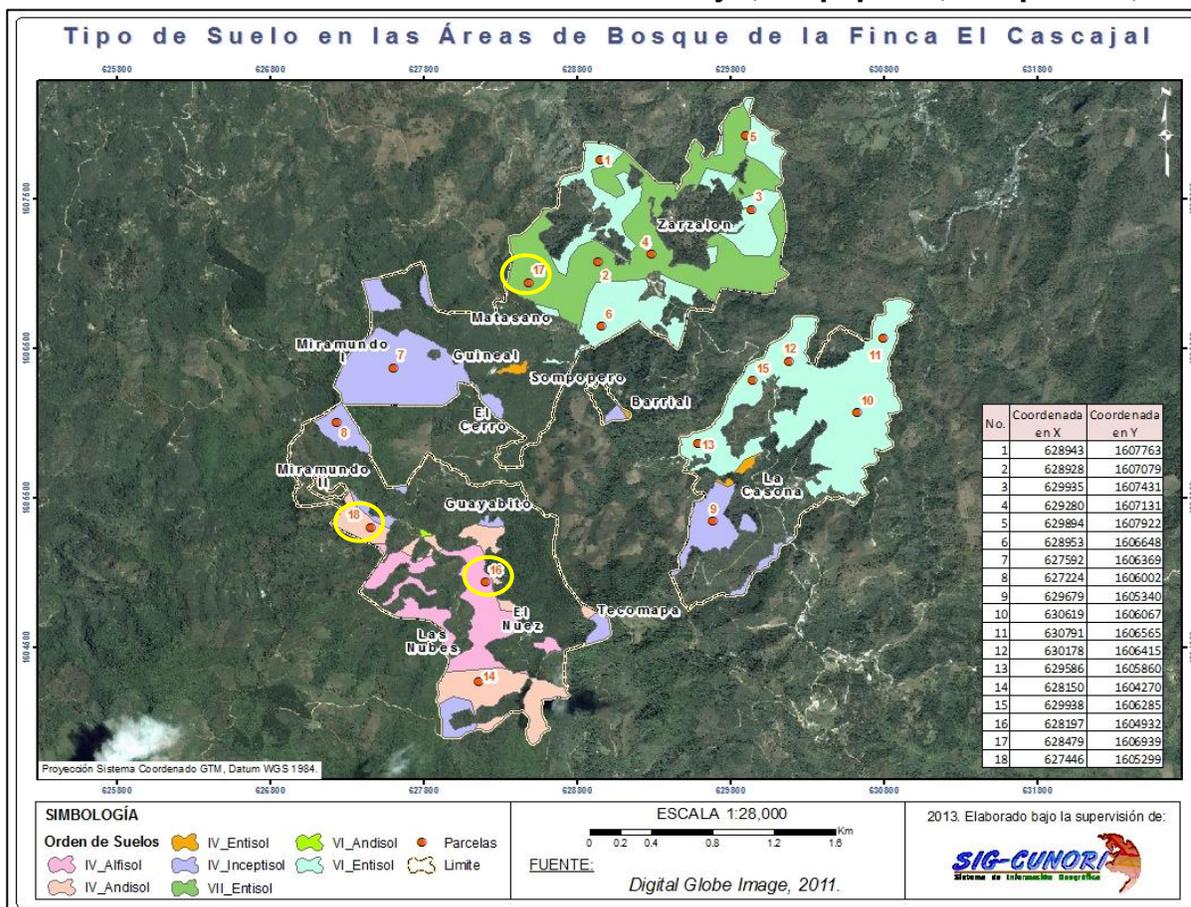
Se muestrearon 3 parcelas más, con el objetivo de incorporar parcelas en distintos tipos de orden de suelo, posteriormente hacer un análisis comparativo y conocer en qué tipo de orden de suelo la vegetación almacena más carbono; en total se muestrearon 18 parcelas, distribuidas de la siguiente forma, 4 parcelas para bosque conífero, 8 para bosque latifoliado y 6 para bosque mixto; tal como se muestra en el cuadro 15 y en las figuras 7 y 8.

Cuadro 15. Distribución de tres parcelas más, clasificadas según el tipo de orden de suelo y el estrato de bosque de la finca El Cascajal.

Tipo de estrato	Orden de suelo	Cantidad de parcelas	Número de parcela	Intensidad de muestreo
Bosque coníferas	VI_Entisol	3	3,10,15	0.20%
	VII_Entisol	1	2	
Bosque latifoliado	VI_Entisol	2	6,11	0.29%
	IV_Inceptisol	3	7,8,9	
	IV_Andisol	1	14	
	IV_Alfisol	1	16	
	VII_Entisol	1	17	
Bosque mixto	VI_Entisol	3	1,12,13	0.24%
	VII_Entisol	2	4,5	
	IV_Andisol	1	18	
		Total de parcelas: 18	Parcelas agregadas: 16,17,18	

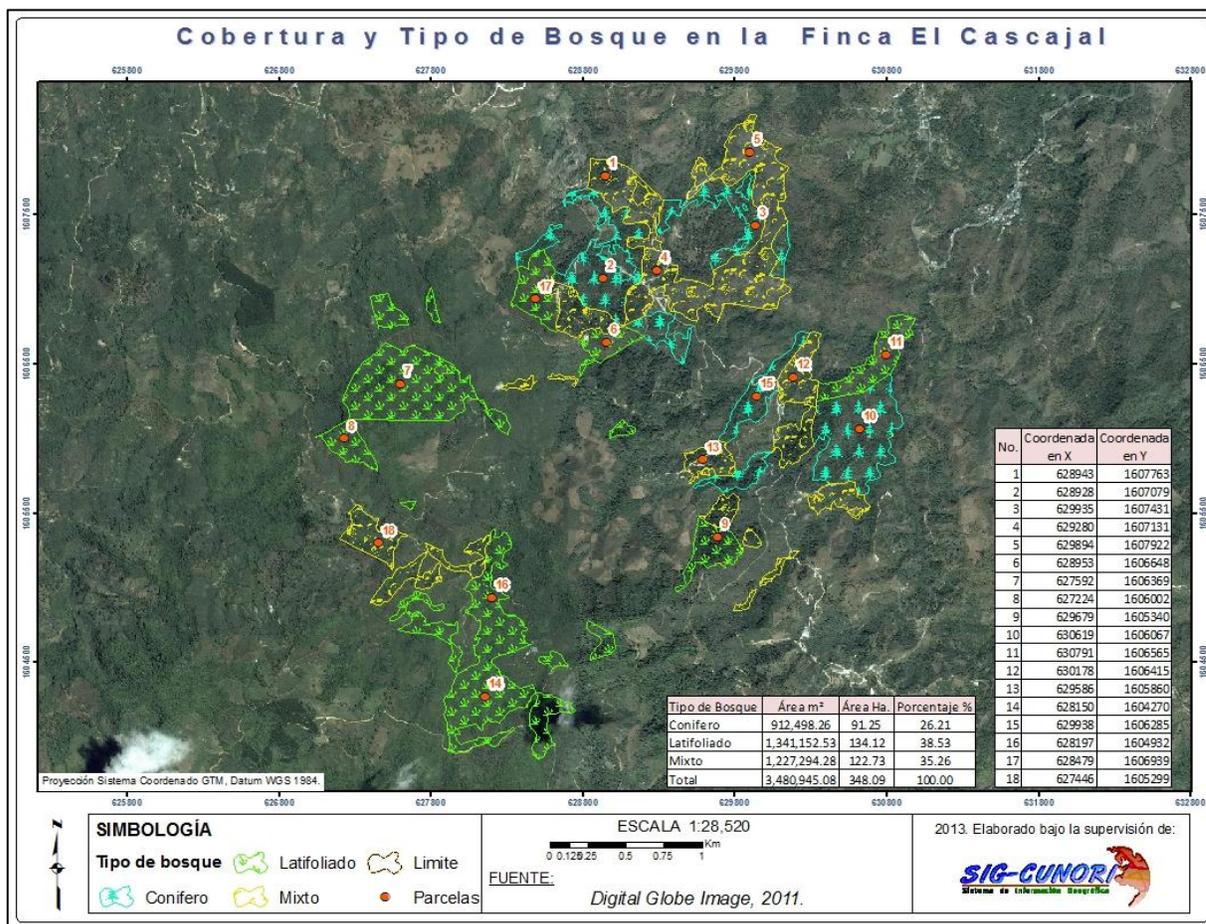
Fuente: Elaboración propia (2014).

Figura 9. Ubicación de las 18 parcelas muestreadas, según la clasificación de orden de suelo de la finca El Cascajal, Esquipulas, Chiquimula, 2013.



Fuente: SIG-CUNORI (2013).

Figura 10. Ubicación de las 18 parcelas muestreadas, según el tipo de estrato de bosque de la finca El Cascajal, Esquipulas, Chiquimula, 2013.



Fuente: SIG-CUNORI (2013).

8.2.5 Tamaño de parcelas muestreadas

El objetivo de levantar información dasométrica radica en la importancia de incorporar el total de clases diamétricas que posee el bosque, es decir, se consideraron todas las edades del bosque como una forma para estimar con precisión la densidad de carbono por unidad de área (brinzales, latizales y fustales).

Para el muestreo se establecieron sub-parcelas dentro de la parcela principal; para el muestreo de fustales (individuos mayores a 5 cm de DAP), se utilizaron parcelas de 500 m²; para arbustos y latizales (individuos entre 0.1 y 4.9 cm de DAP) se utilizó parcelas de 30 m²; para malezas y brinzales se utilizó parcelas de 1 m², pudiendo variar sus dimensiones dependiendo del factor de corrección por la pendiente del terreno. Para delimitar la parcela se utilizaron 8 lazos con base en el centro de la parcela, se

distribuyó a 45° uno del otro y se marcaron los radios de cada una de las parcelas anidadas.

Cuadro 16. Tamaño de parcelas que se utilizó en el inventario de carbono, en la finca El Cascajal, Esquipulas, Chiquimula, 2013.

Vegetación a muestrear	Superficie en m2	Radio de las parcelas en metros
Árboles	500	12.62
Arbustos	30	3.09
Maleza y hojarasca	1	0.56

Fuente: Elaboración propia (2014).

8.2.6 Factor de corrección por pendiente

Los bosques de la finca el Cascajal poseen diferentes pendientes, la mayoría son muy elevadas, por lo cual, se tomó en consideración el factor de corrección por pendiente, el cual se consideró para modificar el radio de las parcelas descritas. La ecuación que se utilizó para calcular el nuevo radio es la siguiente:

$$RC = r/\cos A$$

Dónde:

RC = Radio Corregido

r = radio de la parcela

cos A = Coseno del ángulo de la pendiente del terreno

Ejemplo

Parcela BP-1 (parcela de 500 m²)

Grados de pendiente= 22

Porcentaje= 40

RC= r/cos A

RC= 12.62/(cos 22)

RC=13.61 m

8.2.7 Material y equipo

Para realizar el inventario de carbono se utilizó, material cartográfico con ubicación de las parcelas y sus coordenadas, GPS, lazos, lápices, marcadores, formulario de

campo, equipo de primeros auxilios, linternas, repelente de insectos, equipo para lluvia, cinta métrica, bolsas ziploc para depositar las muestras de hojarasca, maleza y suelo. Los instrumentos que se utilizaron para realizar las mediciones de diámetro en las parcelas son: cinta de diámetro, dendrómetros de cinta. Para la medición de alturas de árboles se utilizó; clinómetro Sunnto e hipsómetro. Para la toma de suelo, se utilizó un cilindro de metal. Otro instrumento que se empleó para la toma de datos de maleza, hojarasca y suelo en el campo fue la balanza de campo de 5 kg y 1000 gr.

8.2.8 Estimación de la biomasa en el campo

a) Vegetación arbórea

Para calcular la biomasa de los árboles se utilizaron varias ecuaciones generadas, para aplicarlas se necesitó conocer datos de DAP y altura. Para determinar la biomasa en los bosques primarios y secundarios en la finca El Cascajal se utilizó las siguientes ecuaciones:

- **Bosques latifoliadas**

Para los bosques latifoliadas se utilizó la ecuación: de Winrock (2005).

- **Bosque mixto**

En los bosques mixtos, se utilizaron dos ecuaciones: La primera es para, asociado de pino-encino-roble y plantaciones de ciprés, la ecuación que se utilizó es la Quercus spp de CEV UVG (2006). La segunda ecuación es para coníferas y se utilizó la de CEV UVG (2009)

- **Bosque coníferas**

Para el bosque de coníferas se utilizó la de CEV UVG (2009).

Cuadro 17. Ecuaciones utilizadas para calcular el carbono fijado en la biomasa de los bosques de la finca El Cascajal, Esquipulas, Chiquimula, 2014.

Estrato	Ecuación	Rango de DAP (cm)	Fuente	R ²
Bosque latifoliado	$Y = \exp(-2.289 + 2.649 \cdot \ln(D) - 0.021 \cdot (\ln(D))^2)$	5-148	Winrock (2005)	0.98
Bosque mixto (pino+ roble-encino)	Quercus sp. $Y = 0.1777 \cdot (D)^{2.2846}$	nov-45	CEA UVG, 2006	0.86
	Conífera $Y = 0.1377 \cdot (D)^{2.4038}$	may-52	CEA UVG, 2009	0.94
Bosque conífero	$Y = 0.1377 \cdot (D)^{2.4038}$	may-52	CEA UVG, 2009	0.94

Fuente: Elaboración propia (2014).

Para bosque latifoliadas

Dónde:

Y = Biomasa arriba del suelo en kilogramos

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

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

ln = Logaritmo natural

Para Quercus sp, coníferas

Dónde:

Y=Biomasa en kilogramos (constante)

D= Diámetro a la altura del pecho (1.3m) en centímetros

ln= Logaritmo natural (constante)

Esto permitió conocer el total de biomasa en kilogramos por unidad de área, este resultado se dividió 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 multiplicaron por 0.5 para obtener toneladas de carbono. El valor de carbono se dividió dentro de la superficie de la parcela de muestreo en (m²) para obtener tC/m². Al multiplicarlo por 10,000 m²/Ha se obtuvo tC/Ha.

Los árboles que se encontraron en el límite de la parcela, si más de la mitad del tronco está dentro de la misma, se tomó en cuenta; por el contrario si más de la mitad del tronco está fuera de la parcela, no se consideró. Cuando el límite de la parcela coincidía con el centro del árbol se toma uno de cada dos casos con similares condiciones.

b) Árboles muertos en pie

Para árboles muertos en pie, se midió el diámetro y altura normal, aplicando las fórmulas utilizadas para la vegetación arbórea, pero el resultado obtenido de la ecuación elegida, sólo se consideró el 70%.

c) Arbustos

Para la estimación de este reservorio, se tomaron los datos de diámetro y altura de los árboles que estén dentro de la parcela de 30 m². Se utilizaron las mismas ecuaciones para los árboles, según el estrato en el que se encuentren. En los estratos muestreados de bosque mixto, se utilizó las ecuaciones de latifoliadas, cuando las especies que correspondiente a la parcela sean de hoja ancha y cuando sea conífero la fórmula de estos.

d) Maleza y hojarasca

Para estos dos reservorios se realizó el procedimiento similar para la estimación del carbono. La colecta de estos materiales se realizó en la parcela de 1m². De la maleza recolectada se midió el peso húmedo total, para luego homogenizar la muestra para obtener una sub-muestra representativa de la misma, colocándola en bolsas de cierre hermético debidamente identificada. De igual forma se procedió para la hojarasca.

e) Suelo

La muestra de suelo se tomó en el centro de la parcela de 500m², utilizando un cilindro de metal con un volumen de 128.88cm³, para recolectar una muestra de 10 cm de profundidad. Previo a la recolección de la muestra, se limpió el área para evitar la recolección de hojarasca y raíces superficiales en la muestra. Obtenida la

muestra se midió el peso húmedo de la misma y luego se colocó en una bolsa de cierre hermético.

8.2.9 Análisis de laboratorio

a) Materia vegetal

Para determinar la materia seca de la maleza y hojarasca, se colocó en un sobre previamente pesado y luego se obtuvo el peso húmedo de las muestras, utilizando una balanza analítica. Se colocó la muestra en un horno de convección a temperatura 60 °C por 72 horas. Posteriormente se midió el peso seco. Luego en la fase de gabinete, se estimó el cociente entre el peso seco y peso húmedo con la siguiente ecuación:

$$Ms = Ps/Ph$$

Dónde:

Ms = Cociente de 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:

$$Bt = Phc*Ms$$

Dónde:

Bt = Biomasa total seca (Kg)
Phc = Peso húmedo total en campo (Kg)
Ms = Cociente de materia seca

Luego de calcular biomasa se multiplica por 0.5 para obtener carbono orgánico.

b) Suelo

Una de las variables para la determinación de carbono almacenado en el suelo es la densidad aparente. Para estimarla, se utilizó el método “cilindro del volumen conocido” (MacDicken 1997), el cual consiste en secar las muestras a temperatura ambiente y bajo sombra por 48 horas; luego se registra el peso y se divide dentro del volumen del cilindro, con la siguiente ecuación:

$$Da = Pf/Vol$$

Dónde:

Da = Densidad aparente del suelo (g/cc)

Pf = Peso fino(tamizado a 10mm) (g)

Vol = Volumen del cilindro (cc)

Las muestras de suelo se analizaron 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 es la siguiente:

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

Dónde:

Cs = Carbono total en el suelo en los primeros 10 cm.

Prof = Profundidad del muestreo (cm)

Da = Densidad aparente (g/cc)

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

8.3 Lineamientos estratégicos para generar valor agregado al carbono fijado de los bosques de la finca El Cascajal.

Para proponer las líneas estratégicas que permitan generar valor agregado al carbono fijado en los bosques y con ello generar ingresos económicos a través su comercialización, se tomó como base la información generada en la investigación tomando como referencia los resultados propuestos en la investigación “Carbono contenido en los árboles de los bosques y plantaciones forestales de la República de Guatemala”, realizada por la Universidad del Valle de Guatemala. Esto con el objetivo de establecer si la finca está dentro del promedio para Guatemala.

Las líneas estratégicas se basan principalmente en la búsqueda de oportunidades para la comercialización de bonos de carbono, oferta de servicios eco -sistémicos y para promover la certificación ambiental de la finca. Entre los mecanismos propuestos en esta investigación están, el mecanismo de mercado voluntario (OTC, CARE, REDD+), los mecanismos regulados (MDL), y el ecoturismo.

La estimación de la captura de carbono se refiere concretamente a la cantidad de carbono fijado, siempre partiendo de una línea base previamente establecida y comprobando su adicionalidad por medio de la verificación de existencias de carbono, respecto a la línea base (adicionalidad); existe un mercado incipiente en el pago por los servicios ambientales, y el precio es variable el cual dependerá del tipo de mercado al cual se desea vender los bonos de carbono y de la oferta y la demanda. Actualmente existen dos mecanismos potenciales para la obtención de certificados de reducción de emisiones donde se pueden impulsar proyectos.

Proyectos de mecanismo de desarrollo limpio (MDL): Bajo este mecanismo se pueden desarrollar actividades de proyectos a mediana escala, este se beneficia de modalidades y procedimientos sencillos, cuenta con procedimientos muy rigurosos y estrictos al momento de su verificación y puesta en marcha del proyecto, este mecanismo puede alcanzar precios hasta de 8 euros/tC/Ha.

Mercados voluntarios de carbono (MVC): Este mecanismo ha adquirido gran importancia para los proyectos agrícolas y forestales, los certificados de reducción verificada de emisiones de carbono (VER), son adquiridos principalmente por el servicio privado o comúnmente la responsabilidad social corporativa (RSC), los cuales se encuentran motivados para la compra de créditos de carbono, además que para las RSC optan por estas certificaciones para crear credibilidad, reputación y beneficios ambientales y sociales, estando bajo un concepto de mercado no regulado donde el precio por tC/Ha puede ser muy discrecional y la temporalidad o estabilidad es muy volátil. El mercado de carbono ha sido impulsado por el Banco Mundial (BM) a través de los distintos fondos que administra, entre ellos se encuentra: PCF – Prototype Carbon Found, CDCF – Community Development Carbon Found, BioCF – Bio Carbon Found.

9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con la metodología descrita anterior, se procedió a agrupar las parcelas por estratos, mostrando un cuadro de datos para cada uno de los estratos encontrados y un cuadro comparativo del carbono fijado entre los distintos estratos determinados, y el carbono fijado por la totalidad del área.

9.1 Carbono fijado en cada estrato

Para la estimación del carbono fijado, se analizaron por separado 3 tipos de estratos de bosque dentro de la finca El Cascajal, los cuales se describen a continuación.

9.1.1 Estrato de bosque de coníferas

El Bosque Coníferas es el área más pequeña de bosque que posee la finca El Cascajal, con una extensión de 91.25 Ha, que representa el 26.21% del área total de bosque. Se observan especies de pino de ocote *Pinus occarpa*. Este bosque se encuentra ubicado en el sector El Zarzalón y partes en La Casona en la parte baja de 1000 a 1,200 msnm; donde se pueden encontrar áreas sin ningún tipo de intervención.



Figura 11. Ilustración del estrato de bosques coníferas en la finca El Cascajal.

En el cuadro 18, se muestran los resultados obtenidos en cada una de las variables (suelo, árboles, arbustos, hojarasca y maleza) para determinar la densidad total del carbono fijado en el bosque de coníferas, donde se observa que el suelo tiene fijado en promedio 31.082 tC/Ha, los árboles 67.873 tC/Ha, los arbustos 0.008 tC/Ha, la hojarasca 2.367 tC/Ha y la maleza 0.690 tC/Ha, para un promedio de densidad de carbono total por hectárea de 102.020 tC.

Es importante indicar que en el estrato bosque de coníferas se realizaron 4 parcelas, en las cuales se encontró un promedio de 350 árboles por hectárea con un DAP de 20.87 cm y una altura de árboles promedio de 17.42 m, como muestra en el anexo 3.

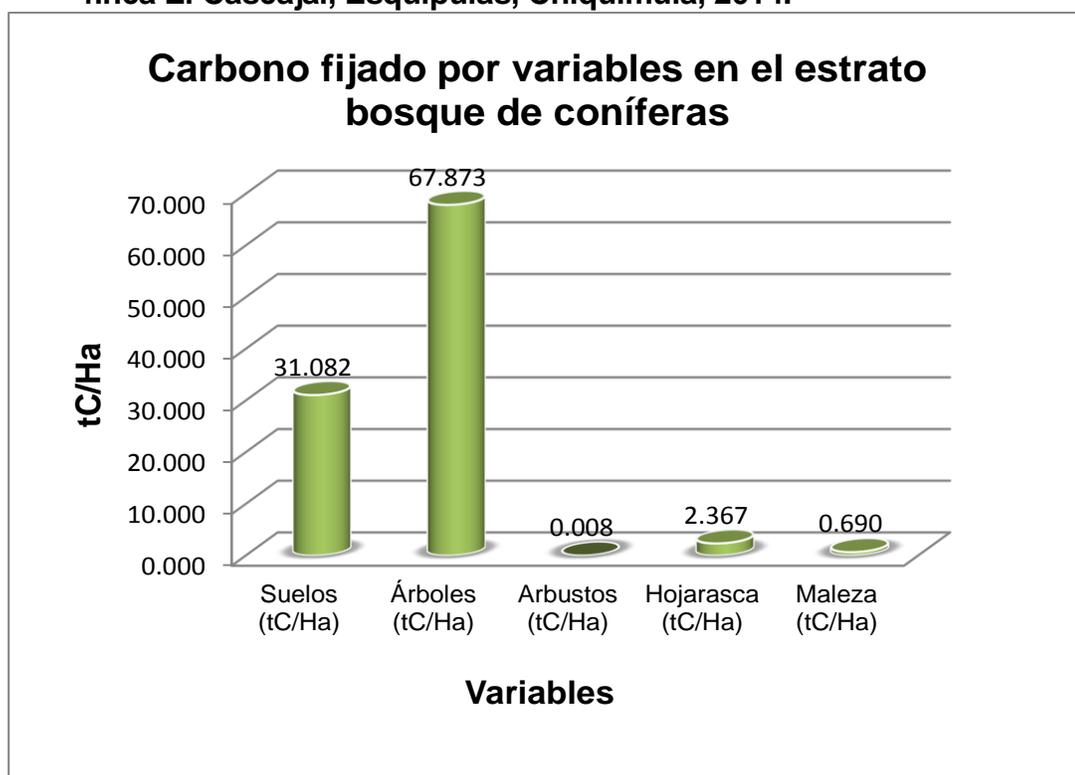
Cuadro 18. Carbono fijado en el estrato de bosque conífero de la finca El Cascajal, Esquipulas, Chiquimula, 2014.

Parcela	Suelos (tC/Ha)	Árboles (tC/Ha)	Arbustos (tC/Ha)	Hojarasca (tC/Ha)	Maleza (tC/Ha)	Densidad de carbono por parcela (tC/Ha)
BC2	25.089	151.284	0.002	3.238	0.091	179.703
BC3	31.465	52.930	0.021	3.184	0.756	88.356
BC10	41.474	33.423	0.010	1.250	0.410	76.566
BC15	26.301	33.854	0.001	1.796	1.504	63.456
PROMEDIO	31.082	67.873	0.008	2.367	0.690	102.020
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	7.459	56.346	0.009	1.000	0.607	52.777

Fuente: Elaboración propia (2014).

En la gráfica 1, se observa que la variable árboles es la que presenta mayor carbono fijado, seguido por el suelo, la hojarasca, maleza y los arbustos que tiene la menor cantidad de carbono fijado. Esto debido a la densidad de 350 árboles por hectárea y la presencia de arbustos es poca dentro del estrato.

Grafica 1. Carbono fijado por variable en el estrato de bosque conífero de la finca El Cascajal, Esquipulas, Chiquimula, 2014.



Fuente: Elaboración propia (2014).

9.1.2 Estrato de bosque latifoliado

El Bosque Latifoliado representa el área más grande de la finca, cuenta con un área de 134.12 Ha, que representa el 38.53% del área total. Se encuentra en los sectores de la Quebradona y Miramundo siendo este uno de los sectores boscosos más grandes de la finca, también abarca sectores como, Zarzalón, La Casona, Las Nubes y El Nuez.

En este bosque se observan especies epifitas como orquídeas, árboles de Liquidámbar *Liquidambar styracifolia*, Duraznillo *Sageretia elegans*, Taxiste *Rensonia salvadorica* Blake, Cedro *Cedrela odorata*, y Trompillo *Ternstroemia tepezapote*. Ha sido poco intervenido a través del tiempo y se ha utilizado únicamente para extracción de leña.

En el cuadro 19, se muestra la densidad de carbono fijado por variables, donde se observa que el suelo tiene fijado en promedio 39.010 tC/Ha, los árboles 97.705 tC/Ha, los arbustos 0.018 tC/Ha, la hojarasca 2.580 tC/Ha y la maleza 0.479 tC/Ha, para un promedio de densidad de carbono total por hectárea de 139.792 tC. En el estrato bosque latifoliado se establecieron 8 parcelas, en las cuales se encontró un promedio de 872 árboles por hectárea con un DAP de 14.96 cm y una altura de árboles promedio de 13.70 m, como muestra en el anexo 3.



Figura 12. Ilustración del estrato de bosque latifoliado en la finca El Cascajal.

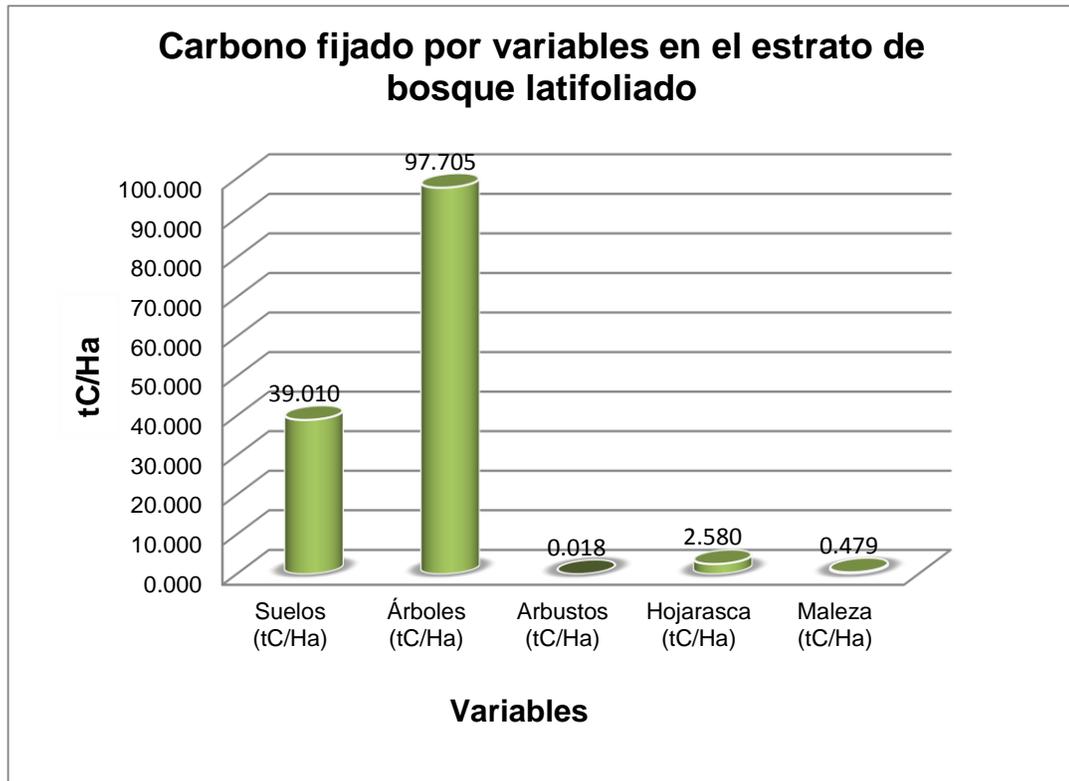
Cuadro 19. Carbono fijado en el estrato de bosque latifoliado de finca El Cascajal, Esquipulas, Chiquimula, 2014.

Parcela	Suelos (tC/Ha)	Árboles (tC/Ha)	Arbustos (tC/Ha)	Hojarasca (tC/Ha)	Maleza (tC/Ha)	Densidad de carbono por parcela (tC/Ha)
BL6	22.871	16.446	0.002	1.100	0.187	40.606
BL7	50.161	97.736	0.000	3.497	0.034	151.428
BL8	43.150	24.744	0.001	4.410	0.064	72.368
BL9	35.890	187.944	0.003	3.324	0.117	227.277
BL11	23.306	38.151	0.005	0.804	2.897	65.163
BL14	52.212	84.652	0.065	1.258	0.167	138.354
BL16	61.258	209.510	0.048	1.941	0.273	273.030
BL17	23.236	122.460	0.023	4.305	0.089	150.114
PROMEDIO	39.010	97.705	0.018	2.580	0.479	139.792
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	15.007	72.604	0.025	1.474	0.980	80.714

Fuente: Elaboración propia (2014).

Al igual que en el estrato de bosque de coníferas, se observa en la gráfica 2, la variable árboles es la que presenta mayor carbono fijado, seguido por el suelo, la hojarasca, maleza y los arbustos que tiene la menor cantidad de carbono fijado. Esto debido a que existe una mayor densidad de árboles con 872 árboles por hectárea y la presencia de arbustos es poca dentro del estrato.

Gráfica 2. Carbono fijado por variable en el estrato de bosque latifoliado de la finca El Cascajal, Esquipulas, Chiquimula, 2014.



Fuente: Elaboración propia (2014).

9.1.3 Estrato de bosque Mixto

El bosque mixto cuenta con una extensión de bosque de 122.73 que representa el 35.26% del total del área de bosque. En este tipo de ecosistema existen árboles de pino ocote *Pinus oocarpa*, encino *Quercus sp*, duraznillo *Sageretia elegans* y liquidámbar *Liquidambar styracifolia* entre otras especies latifoliadas. Se encuentra ubicado en los sectores del Zarzalón, La Casona y partes del Miramundo II.



Figura 13. Ilustración del estrato de bosque mixto en la finca El Cascajal.

En el cuadro 20, se muestra la densidad total de carbono fijado en el estrato de bosque mixto que es de 63.384 tC/Ha, distribuidos de la siguiente manera: los suelos con 27.186 tC/Ha, los árboles 33.886 tC/Ha, arbustos 0.009 tC/Ha, la hojarasca 1.768 tC/Ha y maleza con 0.536 tC/Ha. En el estrato de bosque mixto se realizaron 6 parcelas, donde se encontró una densidad promedio de 366 árboles por hectárea, con un DAP de 15.94 cm y altura promedio de 12.90 m, como muestra el anexo 3.

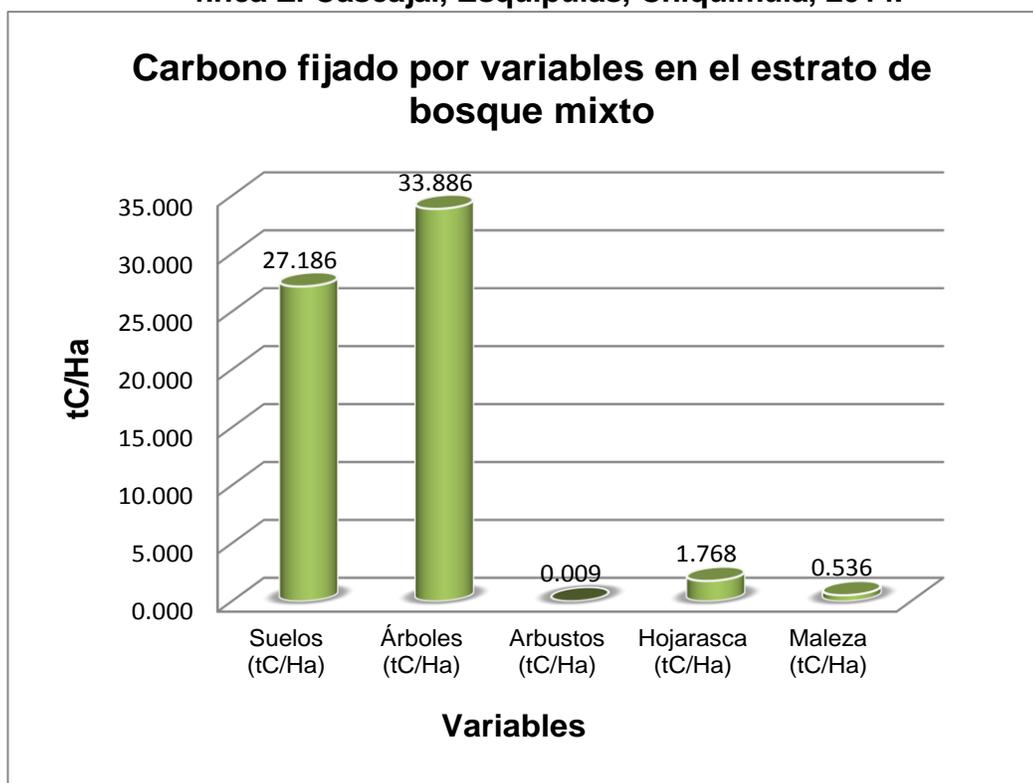
Cuadro 20. Carbono fijado en el estrato de bosque mixto de la finca El Cascajal, Esquipulas, Chiquimula, 2014.

Parcela	Suelos (tC/ha)	Árboles (tC/Ha)	Arbustos (tC/Ha)	Hojarasca (tC/Ha)	Maleza (tC/Ha)	Densidad de carbono por parcela (tC/Ha)
BM1	29.202	24.533	0.012	1.469	1.133	56.349
BM4	20.698	54.920	0.028	1.023	0.365	77.034
BM5	3.871	17.491	0.001	1.768	0.804	23.935
BM12	25.250	41.860	0.003	2.587	0.363	70.064
BM13	38.297	50.078	0.009	3.060	0.115	91.559
BM18	45.798	14.429	0.003	0.698	0.435	61.363
PROMEDIO	27.186	33.886	0.009	1.768	0.536	63.384
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	14.583	17.338	0.010	0.909	0.367	22.955

Fuente: Elaboración propia (2014).

En la gráfica 3, se observa que la variable árboles es la que presenta mayor carbono fijado, al igual que los estratos de coníferas y latifoliadas, seguido por el suelo, la hojarasca, maleza y los arbustos que tiene la menor cantidad de carbono fijado. Esto debido a que existe una mayor densidad de árboles con 366 árboles por hectárea y la presencia de arbustos es poca dentro del estrato al igual que en los otros.

Gráfica 3. Carbono fijado por variable en el estrato de bosque mixto de la finca El Cascajal, Esquipulas, Chiquimula, 2014.

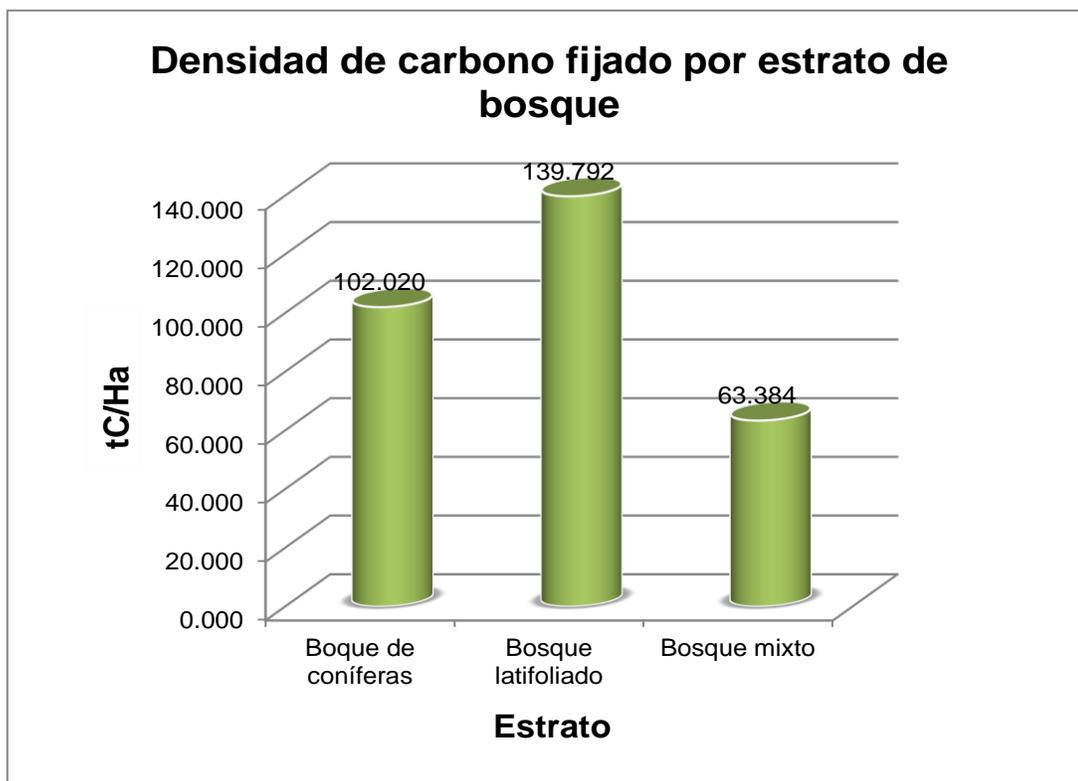


Fuente: Elaboración propia (2014).

9.1.4 Densidad de carbono fijado en los estratos de bosque de la finca El Cascajal.

En la gráfica 4, se observa que el bosque latifoliado abarca el 38.53% del área de bosque de finca El Cascajal y muestra una densidad de 139.792 tC/Ha, siendo este el estrato con mayor densidad; seguido por el estrato de bosque de coníferas que posee un 26.21% del área total, posee una densidad de 102.020 tC/Ha y por último el estrato de bosque mixto que representa un 35.26 % del área total con una densidad de 63.384 tC/Ha.

Gráfica 4. Densidad de carbono fijado por los tres estratos en los bosques de finca El Cascajal, Esquipulas, Chiquimula, 2014.



Fuente: Elaboración propia (2014).

En el cuadro 21, se presenta la información relacionada al carbono fijado por variables de los estratos, donde los árboles son la variable que presenta mayor contenido de carbono en todos los estratos de bosque que se midieron. La variable árboles van de; 97.705 tC/Ha en el bosque latifoliado, 67.873 tC/Ha para el bosque coníferas y 33.886 tC/Ha para el bosque bosque mixto. Le sigue la variable suelo con 39.010 tC/Ha para el bosque latifoliado, 31.082 tC/Ha para coníferas y 27.186 tC/Ha para el bosque mixto. Para la variable hojarasca es de 2.580 tC/Ha en el bosque latifoliado, 2.367 tC/Ha para coníferas y 1.768 tC/Ha para el bosque mixto. Para la variable maleza va de 0.690 tC/Ha para el bosque coníferas, 0.536 tC/Ha para bosque mixto y 0.479 para el bosque latifoliado y por ultimo tenemos la variable arbustos que va de 0.018 tC/Ha para el bosque latifoliado, 0.009 tC/Ha para coníferas y 0.008 tC/Ha para el bosque conífero.

La cantidad de carbono fijado en los bosques de finca El cascajal se estima en 35,837.433 toneladas, distribuidas de la siguiente manera: 18,748.970 tC para el

bosque latifoliado, 9,309.348 tC para el bosque conífero y 7,779.115 tC para el bosque mixto, siendo el bosque latifoliado el que más carbono fija de todos los estratos.

Cuadro 21. Densidad de carbono fijado por variable y contenido total de carbono en los estratos de bosques de la finca El Cascajal, Esquipulas Chiquimula, 2014.

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)
Boque de coníferas	91.25	31.082	67.873	0.008	2.367	0.690	102.020	9309.348
Bosque latifoliado	134.12	39.010	97.705	0.018	2.580	0.479	139.792	18748.970
Bosque mixto	122.73	27.186	33.886	0.009	1.768	0.536	63.384	7779.115
Contenido de carbono en los bosques de la finca El Cascajal (tC)								35837.433

Fuente: Elaboración propia (2014).

En el cuadro 22, se compara el carbono fijado por los bosques de la finca El Cascajal con otras investigaciones realizadas sobre fijación de carbono.

La cantidad de carbono fijada por los bosques de la finca es ligeramente inferior, con relación a los resultados obtenidos en otras investigaciones como la de Jordán en el 2010 y Enamorado en el 2012, debido a que en estas investigaciones se realizaron en área núcleo de la biosfera trifinio, zonas caracterizadas por poca intervención, la investigación realizada por Villela en el 2011 en la cuenca Río Tacó, Chiquimula, también caracterizado por ser un área poco intervenido y por último la investigación realizada por Villagrán en el 2012, en la zona núcleo del Cerro 1019 en Sierra Santa Cruz, Izabal, los bosques de la zona núcleo del Cerro fijan más carbono debido a que son bosques tropicales y por tanto presentan mayor fijación.

Cuadro 22. Comparación del carbono fijado en los bosques de la finca El Cascajal, respecto a otras investigaciones.

Carbono fijado en los bosques de la finca El Cascajal, 2014 (tC/Ha)		Carbono fijado en la zona núcleo de la Reserva de Biosfera Trifinio, Concepción Las Minas y Esquipulas, Guatemala, 2010 (tC/Ha)		Carbono fijado en el Parque Nacional Montecrito, El Salvador, 2012 (tC/Ha)		Carbono fijado en la cuencan Río Taco, Chiquimula, 2011 (tC/Ha)		Carbono fijado en el ecosistema de bosque latifoliado de la Zona Núcleo del Cerro 1019, Livingston, Izabal, 2012 (tC/Ha)	
Área (ha)	Densidad de carbono (tC/Ha)	Área (ha)	Densidad de carbono (tC/Ha)	Área (Ha)	Desidad de carbono (tC/Ha)	Área (Ha)	Desidad de carbono (tC/Ha)	Área (Ha)	Desidad de carbono (tC/Ha)
91.25	102.02					947.879	139.229		
134.12	139.792	1432.6	424.87	284.17	983.77	51.49	172.88	5570	924.608
122.73	63.384						102.409		

Fuente: Elaboración propia (2014).

9.2. Clasificación del carbono fijado en los estratos de bosques de acuerdo al orden de suelo de la finca.

Uno de los factores que se consideró al momento de distribución de las parcelas en los estratos de bosques fue el orden de suelo. En el 2009, Walter Sancé clasifico por clase y taxonomía los suelo de finca El Cascajal, los suelos de la finca están clasificados según el USDA en: IV, V, VI, VII y según la clasificación taxónomica en, entisoles, inceptisoles, andisoles y alfisoles. Dicha clasificación se utilizó en la presente investigación, para clasificar las parcelas muestreadas dentro de los estratos de bosques de la finca El Cascajal.

- **Estrato bosque de coníferas**

Las parcelas que se encuentran dentro del estrato bosque conífero, están situadas dentro del tipo de orden de suelo; VI y VII_Entisol, como se puede observar en el cuadro 23, la parcela 2 que corresponde al tipo de orden VII_Entisol fija más carbono que las parcelas 3,10 y 15 del orden VI_Entisol, factor que pueda influir en la fijación de carbono, es que la parcela 2 tiene DAP promedio de 26.56 cm, 23.27 m de altura y una densidad de 580 árboles.

Los promedios que se muestran en el cuadro 23, reflejan que el orden de suelo VII_Entisol fija más carbono, esto debido a los factores de DAP, altura y densidad de árboles.

Cuadro 23. Clasificación del carbono fijado del estrato de bosque conífero según el tipo de orden de suelo de la finca El Cascajal, Esquipulas, Chiquimula, 2014.

Estrato de bosque	Orden de suelo	Número de la parcela	DAP promedio por parcela (cm)	Altura promedio por parcela (m)	Árboles/Ha por parcela	tC/Ha	Promedio
Bosque de coníferas	VI_Entisol	3	18.58	16.58	360	88.356	76.126
	VI_Entisol	10	19.21	15.72	220	76.566	
	VI_Entisol	15	19.13	14.12	240	63.456	
	VII_Entisol	2	26.56	23.27	580	179.703	179.703

Fuente: Elaboración propia (2014).

- **Estrato de bosque latifoliado**

Las parcelas que se encuentran dentro del estrato bosque latifoliado, están situadas dentro del tipo de orden de suelo: VI_ Entisol, VII_ Entisol, IV_ Inceptisol, IV Andisol y IV_ Alfisol. Como se puede observar en el cuadro 24, la parcela 16 que corresponde al tipo de orden IV_ Alfisol fija más carbono que las demás parcelas, le siguen las parcelas 7, 8 y 9 que se encuentra en el orden IV_ Inceptisol, luego le sigue la parcela 17 que está ubicada en el orden de suelo VII_ Entisol y por último las parcelas 6 y 11 ubicadas en el orden de suelo VI_ Entisol.

De igual manera que en el estrato de bosque de coníferas los factores de DAP, altura y densidad de árboles contribuyen a la fijación de carbono, la parcela 16, es la parcela que más carbono fija, cuenta con DAP promedio de 21.31cm, altura promedio de 19.9 m cm y una densidad de árboles de 860.

Los promedios que se muestran en el cuadro 24, representan que el tipo de orden que más fija carbono de acuerdo con las variables de DAP, altura y densidad es; IV_ Alfisol, le sigue IV_ Inceptisol, VII_ Entisol, IV_ Andisol, y por último el VI_ Entisol.

Cuadro 24. Clasificación del carbono fijado del estrato de bosque latifoliado según el tipo de orden de suelo de la finca El Cascajal, Esquipulas, Chiquimula, 2014.

Estrato de bosque	Orden de suelo	Número de la parcela	DAP promedio por parcela (cm)	Altura promedio por parcela (m)	Árboles/Ha por parcela	tC/Ha	Promedio
Bosque latifoliado	VI_Entisol	6	9.37	8.7	600	40.606	52.885
	VI_Entisol	11	15.15	9.86	420	65.163	
	VII_Entisol	17	11.36	12.83	2000	150.114	150.114
	IV_Inceptisol	7	13.52	14.75	1380	151.428	150.358
	IV_Inceptisol	8	11.21	9.34	480	72.368	
	IV_Inceptisol	9	23.02	20.21	400	227.277	
	IV_Andisol	14	14.72	14.03	840	138.354	138.354
	IV_Alfisol	16	21.31	19.9	860	273.030	273.030

Fuente: Elaboración propia (2014).

- **Estrato de bosque mixto**

Las parcelas muestreadas que se encuentran en el estrato de bosque mixto, están situadas en el tipo de orden de suelo: VI_Entisol, VII_Entisol y IV_Andisol. En el cuadro 25, se muestra la distribución de las parcelas muestreadas en el estrato de bosque mixto, según el tipo de orden de suelo. Las parcelas 1, 12 y 13 fijan mayor carbono y están ubicadas en el tipo de orden de suelo VI_Entisol, seguido por la parcela 18 ubicada en el tipo de orden IV_Andisol y por último las parcelas 4 y 5 establecidas en el tipo de orden de suelo VII_Entisol.

Los promedios del cuadro reflejan que el tipo de orden de suelo que fija más carbono, de acuerdo a las variables, DAP, altura y densidad de árboles, es el orden de suelo VI_Entisol, le sigue el orden IV_Andisol y por último el VII_Entisol.

Cuadro 25. Clasificación del carbono fijado del estrato de bosque mixto según el tipo de orden de suelo de la finca El Cascajal, Esquipulas, Chiquimula, 2014.

Estrato de bosque	Orden de suelo	Número de la parcela	DAP promedio por parcela (cm)	Altura promedio por parcela (m)	Árboles/Ha por parcela	tC/Ha	Promedio
Bosque mixto	VI_Entisol	1	11.57	12.98	580	56.349	72.657
	VI_Entisol	12	19.37	14.01	300	70.064	
	VI_Entisol	13	19.86	18.26	300	91.559	
	VII_Entisol	4	18.98	12.12	380	77.034	50.485
	VII_Entisol	5	14.62	10.91	260	23.935	
	IV_Andisol	18	11.23	9.09	9.09	61.363	

Fuente: Elaboración propia (2014).

Con esta investigación, no es posible establecer la influencia del orden de suelo como factor determinante en la fijación de carbono en los estratos de bosques de la finca El Cascajal.

9.3 Lineamientos estratégicos para generar valor agregado al carbono fijado por los bosques de la finca El Cascajal

En la investigación realizada por La Universidad del Valle de Guatemala, donde se estimó el contenido de carbono en los árboles de los bosques y plantaciones forestales de la República de Guatemala, correspondiendo a 3,866.38 mil Ha de zona de vida con un total de densidad de Carbono de 109 tC/Ha, el contenido total de C en las zonas de vida de Guatemala es de C 421,435,420 (Anexo 7).

De acuerdo con los resultados presentados, para la zona de vida a la cual corresponde la finca El Cascajal (Bosque húmedo Subtrópico templado bh- S(t)), se estimó una densidad de 62±6 tC/Ha en un área de 248.65 mil Ha, el contenido total de Carbono en la zona de vida bh-S(t) es de 15,416,300tC.

En base a la densidad de carbono por hectarea para la zona de vida en la cual se encuentra la finca El Cascajal, la cantidad teórica del contenido total carbono en árboles es 21,581.58 tC. El contenido de carbono estimado en árboles de la finca El Cascajal es de 23,456.43 tC, por lo tanto se puede concluir al tomar como referencia los

resultados del contenido de carbono en árboles de la finca respecto a lo reportado con la UVG, el carbono contenido en los árboles de la finca se encuentran arriba del valor estimado por la Universidad del Valle.

Como una propuesta se plantean lineamientos estratégicos, para dar valor agregado a los bosques de la finca El Cascajal, aprovechando los mercados existentes de carbono como: el mercado voluntario (MVC) y el mercado regulado.

9.3.1 Comercialización de bonos de carbono en el mercado voluntario (MVC)

En la actualidad existe gran variedad de escenarios donde se puede comercializar el carbono fijado por los bosques naturales. Uno de los mecanismos es el mercado voluntario de créditos de carbono, en donde empresas internacionales comprometidas con el medio ambiente pueden adquirir los créditos, a través de un proceso que se hace directamente entre el propietario del bosque y el oferente, comprende todas las transacciones de crédito de carbono que no están regidas por una obligación regulatoria de cumplir con una meta de reducción de emisiones GEIs. Esto incluye tanto a las transacciones de créditos creados especialmente para los mercados voluntarios (como los VERs –Verified Emission Reductions-) como a las operaciones en las que se venden créditos de los mercados regulados (como los CERs del MDL) a compradores que buscan voluntariamente compensar sus emisiones.

Hasta el 2010, las transacciones realizadas en el mercado voluntario de carbono podían ser divididas en dos segmentos: a) Las efectuadas en el marco del CCX, (The Chicago Climate Exchange), voluntario, pero legalmente vinculante Y b) Mercado secundario (“over the counter” u OTC market), legalmente no vinculante. También denominado mercado doméstico (domestic offsets). Entre 2003 y 2010 el CCX operó como un sistema *cap-and-trade* voluntario, pero legalmente vinculante, con un componente compensatorio; sin embargo, en 2011 el CCX dejó de operar. Las transacciones voluntarias se desarrollan desde entonces en el ámbito OTC (97%) así como a través de algunas plataformas privadas.

El siguiente esquema muestra las etapas que comúnmente deben desarrollarse dentro del ciclo de proyecto en el Mercado Voluntario (Anexo 8).

- 1. Elaboración de la nota de idea de proyecto.** (Project Idea Note, PIN, por sus siglas en inglés): La elaboración del PIN, que equivale a la elaboración de un plan de negocios, no es obligatorio.
- 2. Elaboración del documento de diseño de proyecto.** (Project Design Document, PDD, por sus siglas en inglés), El Documento de Diseño de Proyecto es el paso inicial para el desarrollo de un proyecto voluntario.
- 3. Proceso de consulta pública.** Salvo escasas excepciones, los estándares voluntarios de carbono establecen como requisito realizar un proceso de consultas públicas para asegurarse que los proyectos no ocasionen impactos adversos en el medio ambiente y/o en las comunidades locales.
- 4. Validación.** La validación es un proceso de evaluación independiente de la actividad de proyecto, en la que un auditor externo visita el sitio para asegurarse que todo lo especificado en el PDD está debidamente sustentado.
- 5. Registro de proyecto.** Una vez validado el proyecto, el proponente del mismo puede hacer la solicitud de registro ante el estándar seleccionado. El plazo para el otorgamiento del número de registro varía dependiendo del estándar.
- 6. Monitoreo y verificación.** El monitoreo es la vigilancia sistemática del desempeño del proyecto mediante la medición y registro de indicadores clave. La verificación es la evaluación periódica e independiente de las reducciones de las emisiones de GEI, que se hayan producido como resultado de la actividad de proyecto. Este proceso está a cargo de un auditor externo.
- 7. Expedición y comercialización.** El reporte de verificación y/o el certificado de reducción de emisiones son enviados al registro del estándar, donde los créditos

son emitidos a favor del proyecto y transferidos a la cuenta del proponente de proyecto. Comúnmente, los Registros cobran una comisión por VER emitido, la cual debe ser pagada por el proponente de proyecto. La comercialización implica vender los créditos de carbono directamente a una compañía o individuo que desea voluntariamente neutralizar sus emisiones o bien a un broker (operador financiero) que realiza transacciones con diversos compradores.

Finca El Cascajal puede ingresar a los mecanismos de mercado voluntario según la tipología del proyecto, entraría según su origen como forestación y uso de la tierra para lo cual se plantean tres escenarios.

a) OTC

El mercado OTC estuvo en un principio caracterizado por la falta de reglas y regulaciones, hasta que un conjunto de organizaciones desarrolló una serie de estándares voluntarios y metodologías mediante las cuales los desarrolladores de proyectos pudieran certificar sus reducciones de emisiones de GEI y asegurar la rigurosidad de sus líneas de base.

La demanda del mercado OTC responde a motivaciones diversas y muy diferentes de aquéllas de los mercados de cumplimiento (como el EU ETS), presión de accionistas y/o clientes, marketing, posicionamiento de marca, diferenciación de producto (“carbono neutral”), prácticas de responsabilidad social empresarial, filantropía, beneficios de relaciones públicas, necesidad de prepararse para cumplir con regulaciones federales, estrategias financieras de reventa para obtener beneficios económicos, entre otras. Para ingresar a los OTC, deben realizar las etapas del ciclo de proyecto en el Mercado Voluntario, descritas anteriormente.

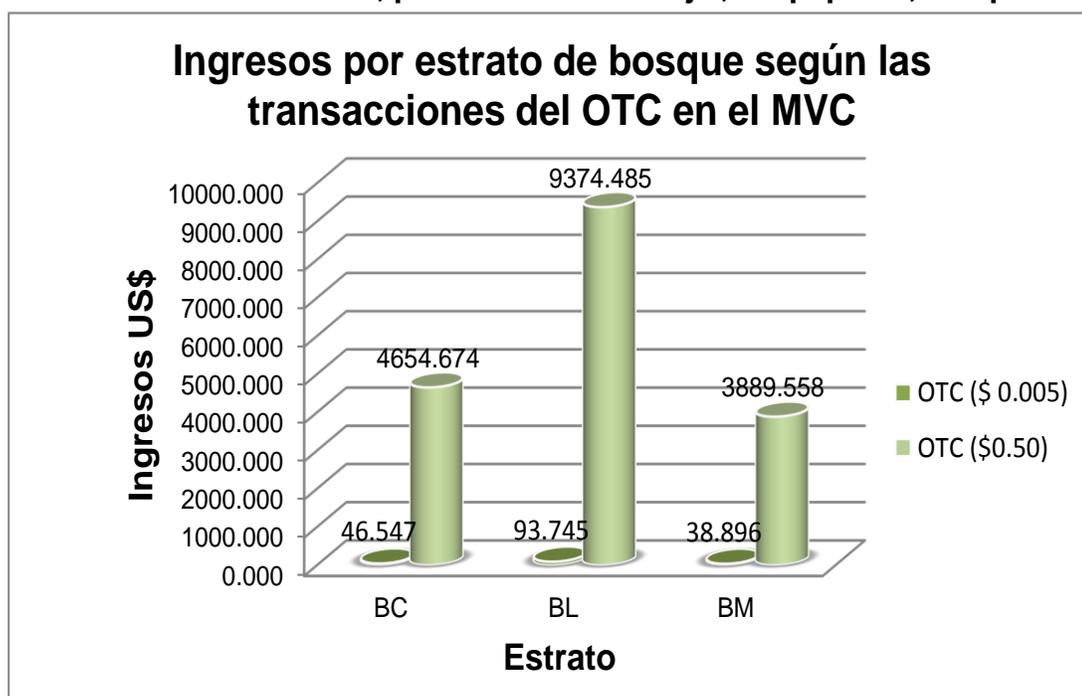
Los precios en el mercado voluntario, dependen de las variables internacionales como: a) oferta de bonos de carbono en otros países, b) los compromisos de cumplimiento de sanciones de empresas internacionales, c) período del tiempo el contrato y d) la calidad del stock de carbono. Las transacciones realizadas “over the counter” (OTC), en los

cuales el precio varía dependiendo del comprador, encontrándose precios entre los \$0.005 a \$0.50 /tC/ha.

Tomando como referencia los precios de \$0.005 a \$0.50, la cantidad de ingresos estimada que finca El Cascajal puede generar por medio de este mecanismo, en conceptos de créditos de carbono es: \$179.19 a \$17,918.72/total del stock de carbono.

En la gráfica 5, se muestra por estrato la cantidad (\$) que puede percibir finca El Cascajal por tC en los precios de \$0.005 y \$0.50.

Gráfica 5. Ingresos económicos por estrato de bosque, según el mecanismo OTC en el MVC, para finca El Cascajal, Esquipulas, Chiquimula 2014.



Fuente: Elaboración propia (2014).

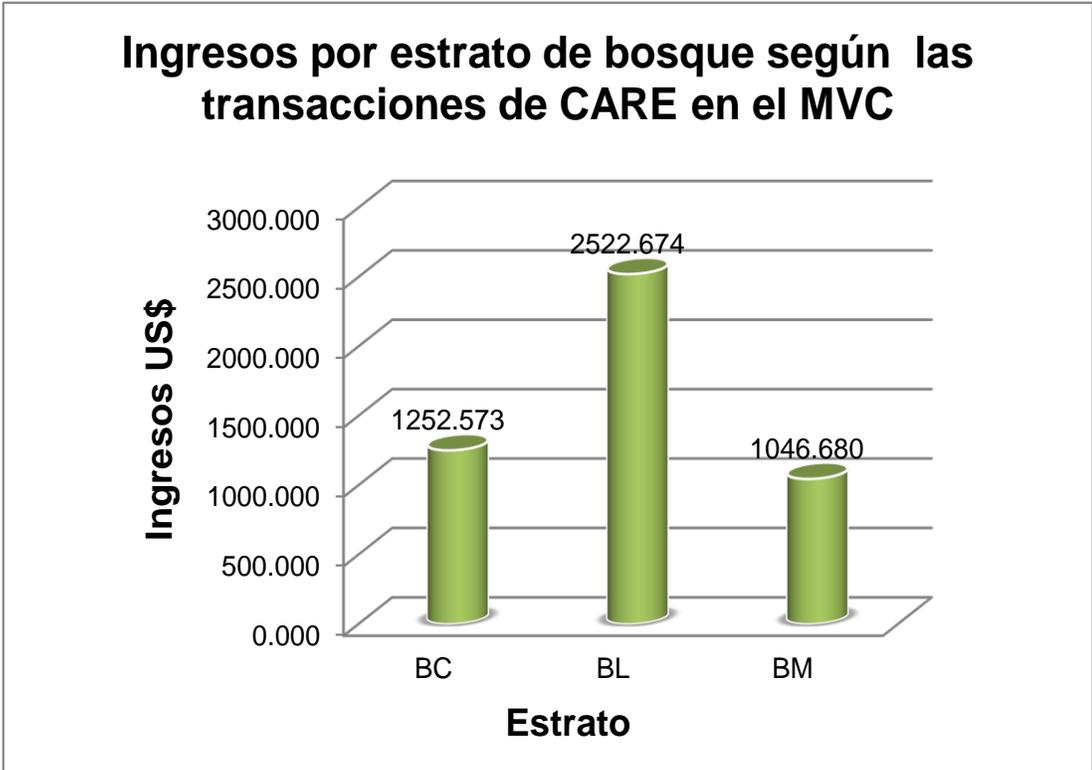
b) CARE

En el 2010 CARE Guatemala, en asesoría a un proyecto de varios bosques del altiplano occidental de Guatemala, que tienen una densidad alrededor de 275 tC/ha, con el propósito de incorporarlos en el mercado voluntario de créditos de carbono, en donde se estimaron ingresos netos de \$37/ha/año. El precio que se estimó por este mecanismo es de 0.13455 tC/Ha.

Los precios en el mercado voluntario, al igual que el mecanismo CARE, dependen de las variables internacionales como, a) oferta de bonos de carbono en otros países, b) los compromisos de cumplimiento de sanciones de empresas internacionales, c) período del tiempo el contrato y d) la calidad del stock de carbono. Tomando como referencia el precio estimado por CARE, se estima que finca El Cascajal puede percibir por 35,837.93 tC la cantidad de \$4,821.927/total del stock de carbono.

En la gráfica 6, se muestra la cantidad estimada que puede generar ingresos la finca: para el bosque conífero es de \$1252.537, bosque latifoliado \$2225.674 y \$1046.680 para el bosque mixto, haciendo el total de \$4,821.927/ total del stock de carbono.

Gráfica 6. Ingresos económicos por estrato de bosque, según el mecanismo CARE, en el MVC, para finca El Cascajal, Esquipulas, Chiquimula, 2014.



Fuente: Elaboración propia (2014).

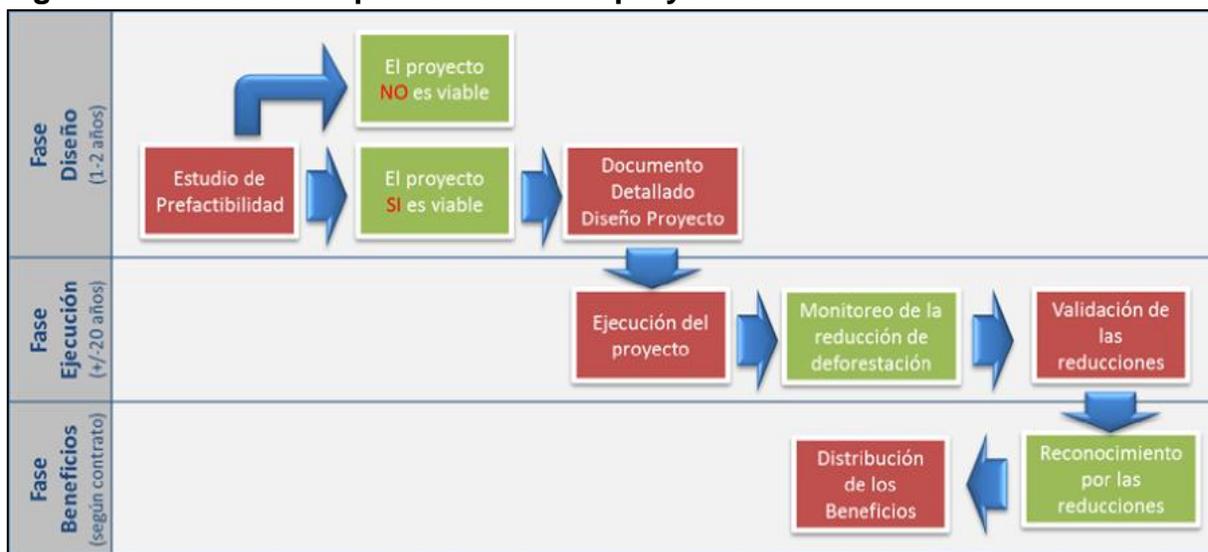
c) REDD y REDD+

El mercado voluntario incluye algunos tipos de proyectos que el MDL no contempla, como los proyectos de reducción de emisiones resultantes de la deforestación y

degradación de bosques (REDD+, por sus siglas en inglés). Esto significa que ciertas actividades de proyecto en países en desarrollo sólo pueden ser financiadas hasta aquí mediante la emisión de certificados de carbono en el mercado voluntario.

En realidad, este mecanismo incluso en la actualidad continúa en discusión dentro de la CMNUCC, y seguramente pasarán varios años para que se haya desarrollado técnica y políticamente en su totalidad. No obstante, los mercados voluntarios y los mecanismos de preparación para los potenciales mercados regulados continúan apostando por REDD+ como una estrategia relevante para aportar a la estabilización de las concentraciones de Gases de Efecto Invernadero en la atmósfera, que a la vez puede generar importantes beneficios en la conservación de los bosques tropicales del mundo. Por otro lado, en relación a los mercados, hasta el momento, frente a la inexistencia de uno regulado para este tipo de proyectos, todas las transacciones se han dado en el marco de los mercados voluntarios. Y de acuerdo a Hamilton y colaboradores (2010) hasta 2009 se reportaron 11 proyectos REDD+ dentro del mercado denominado OTC (“*Over the Counter*”, es decir donde las transacciones se dan directamente entre dos personas u organizaciones), (Anexo 8).

Figura 14. Fases de implementación de proyectos REDD+



Fuente: Finanzas carbono (2014).

Hasta el 19 de noviembre de 2010, se firmó el primer acuerdo de inversión para bonos de carbono generados por deforestación evitada, en la región de la Biósfera de la

Reserva Iztá entre la municipalidad de San José del departamento de Petén y la empresa estadounidense Global Carbon Group, con una inversión de USD 200,000.00 (dólares americanos), se estará implementando en un área de 11,000 hectáreas.

Es importante mencionar que los precios en este mercado voluntario, dependen de las variables internacionales como, a) oferta de bonos de carbono en otros países, b) los compromisos de cumplimiento de sanciones de empresas internacionales, c) período del tiempo el contrato y d) la calidad del stock de carbono. La tonelada anual de carbono es vendida según el precio del mercado, pero este oscila entre US\$ 5 y US\$ 21.

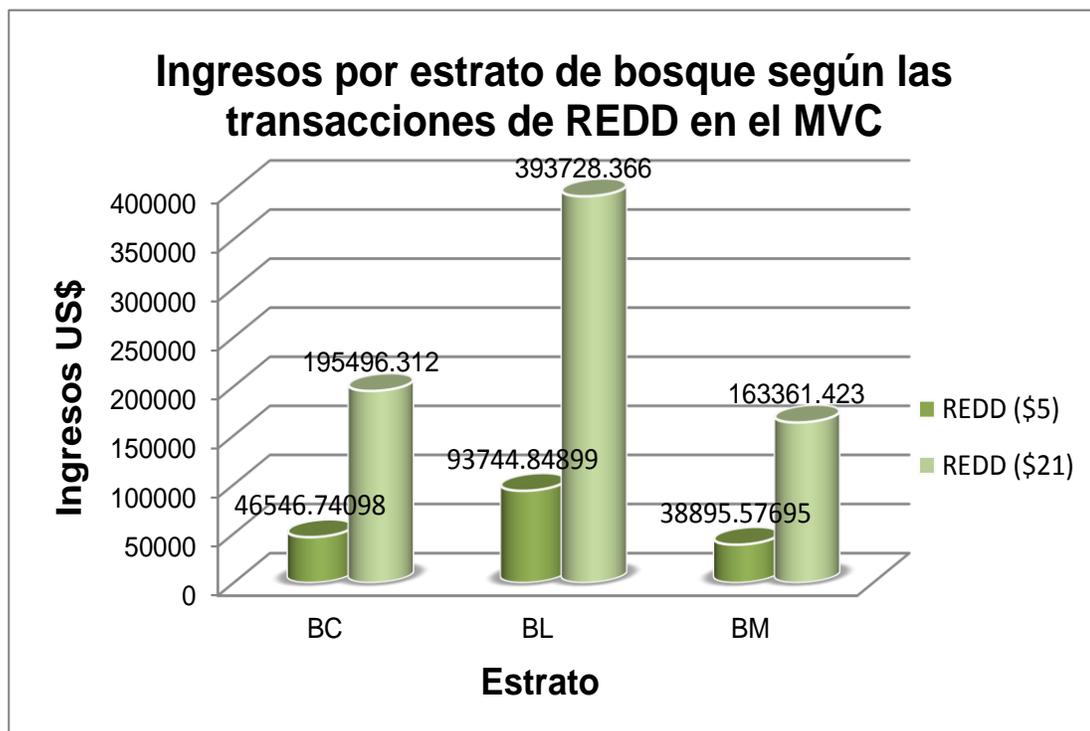
Tomando como referencia el proyecto promovido por la empresa Global Carbon Group de bonos de carbono en los bosques de Petén en el 2010, donde el precio por hectárea de bosques es de \$ 18.182, se estima que finca El Cascajal puede percibir una cantidad de \$ 6,329.154 en un área de 348.10 Ha.

Pero tomando como base los precios del mercado de \$ 5 y \$ 21 por tC, se estima que finca El Cascajal puede percibir por 35,837.93 tC fijadas la cantidad de, (\$5) \$ 179,187.17 y (\$21) \$ 752,586.10/ total del stock de carbono.

En la gráfica 7, se muestra como está distribuido por estrato de bosque y cuantos ingresos percibe cada uno, el bosque conífero puede percibir; (\$5), la cantidad de \$ 46,546.74 y \$ 195,496.31 en (\$21), para el bosque latifoliado; (\$5), la cantidad de \$ 93,744.85 y (\$21) \$ 393,728.37, y para el bosque mixto; (\$5) la cantidad de \$ 38,895.58 y (\$21) \$ 163,361.42.

Cabe mencionar que este tipo de transacciones en Guatemala aún no están bien definidas, pues solo se han realizado proyectos piloto para tomar experiencia. Tampoco se ha establecido el ente que regulara este mecanismo.

Gráfica 7. Ingresos económicos por estrato de bosques, según el mecanismo REDD, en el MVC, para finca El Cascajal, Esquipulas, Chiquimula, 2014.



Fuente: Elaboración propia (2014).

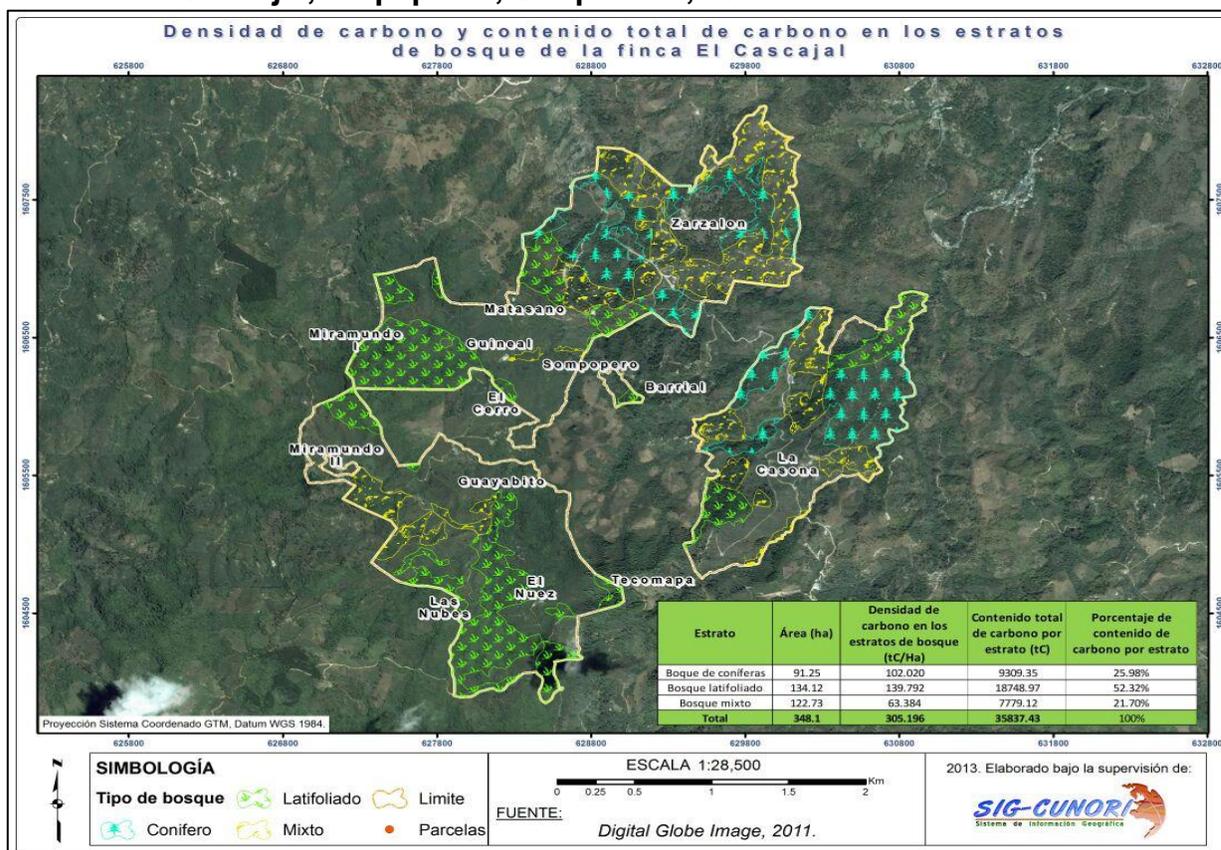
En el cuadro 26, se observa los resultados obtenidos de la estimación de ingresos en cada uno de los estratos de bosques, de acuerdo a los 3 mecanismos del mercado voluntario, para finca El Cascajal. En el mecanismo de OTC, puede generar ingresos de: \$ 179.19/stock de carbono a \$ 17918.72/stock de carbono, en el mecanismo de CARE \$ 4,821.927/stock de carbono y en el mecanismo REDD puede percibir de, \$ 179,187.17 a \$ 752,586.101/stock de carbono.

Cuadro 26. Generación de ingresos económicos en los mecanismos del MVC, por estrato de bosque y en total, de la finca El Cascajal, Esquipulas, Chiquimula, 2014.

Mercado Voluntario de carbono							
Estandáreas del MCV	Mecanismos	Financiamiento	Estratos	Contenido total de Carbono por estrato (tC)	Ingresos generados \$ (tC/Ha)		
					Precio \$0.005	Precio \$0.50	
Verified Carbon Standard (VCS). Climate Action Reserve (CAR). Gold Standard (GS)	OTC	ONG, empresas privadas, etc.	BC	9309.348	46.547	4654.674	
			BL	18748.970	93.745	9374.485	
			BM	7779.115	38.896	3889.558	
	Total				\$179.187	\$17,918.717	
					Precio \$0.13455		
	CARE	CARE Guatemala.	BC	9309.348		1252.573	
			BL	18748.970		2522.674	
			BM	7779.115		1046.680	
	Total				\$4,821.927		
					Precio \$5	Precio \$21	
REDD	Globan Carbon Group	BC	9309.348	46546.741	195496.312		
		BL	18748.970	93744.849	393728.366		
		BM	7779.115	38895.577	163361.423		
		Total			\$179,187.167	\$752,586.101	

Fuente: Elaboración propia (2014).

Figura 15. Contenido total de carbono en los estratos de bosques de la finca El Cascajal, Esquipulas, Chiquimula, 2014.



Fuente: SIG-CUNORI (2014).

9.3.2 Comercialización de los bonos de carbono en los mecanismos de mercado regulado

a) Mecanismos de desarrollo limpio (MDL)

El Ciclo de Proyecto en el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) abarca el proceso de diseño, implementación y validación y registro de actividades de proyecto MDL, el monitoreo, verificación, certificación y expedición de los certificados de reducción de emisiones (Certified Emission Reductions, CERs, por sus siglas en inglés) generadas por esas actividades de proyecto.

Dada la complejidad de los pasos necesarios para obtener el registro de un proyecto MDL puede ser recomendable contar con la asistencia de firmas especializadas, a fin de facilitar el registro y la emisión de los CERs en tiempo y forma, así como, para optimizar los recursos del proyecto y disminuir los riesgos que pudieran estar asociados al mismo. Los CERs facilitarán el desarrollo de una actividad de proyecto, pues, de registrarse, proveen un flujo adicional de recursos para la actividad y mejoran el retorno sobre el capital invertido en el proyecto.

El ciclo de un proyecto puede sintetizarse en los siguientes pasos:

- 1. Elaboración de una nota de idea de proyecto.** (Project Idea Note, o PIN, por sus siglas en inglés): la elaboración del PIN es un paso inicial, aunque no obligatorio, que permite describir de manera sintética los rasgos claves del proyecto.
- 2. Elaboración del documento de diseño de proyecto.** (Project Design Document, PDD, por sus siglas en inglés). El PDD es el documento principal en el proceso de registro de un proyecto MDL, y contiene, entre otros, la descripción técnica, una cuantificación de la reducción de emisiones de GEI, una justificación de la adicionalidad, la consideración previa del MDL en la instancia de decisión de inversión, la metodología para la determinación de línea de base y el plan de monitoreo.

3. **Consulta pública.** Según los requisitos del MDL, los proyectos deben ser sometidos a consulta pública para dar a conocer a la comunidad donde se desarrolla el proyecto información sobre la naturaleza de éste, y los impactos ambientales del proyecto.
4. **Carta de aprobación.** (Letter of Approval, LoA, por sus siglas en inglés), es emitida por la Autoridad Nacional Designada (Designated National Authority, DNA, por sus siglas en inglés), y constituye la constatación de la autorización y aprobación del País Anfitrión en cuanto el proyecto contribuye al desarrollo sostenible.
5. **Validación.** La validación es un proceso de evaluación independiente de la actividad del proyecto, en la que un entidad acreditada por ante la Junta Ejecutiva, la Entidad Operacional Designada (DOE, por sus siglas en inglés), constata que el proyecto se ajusta en un todo a los requisitos que establece el MDL y a las decisiones y normas de la Junta Ejecutiva. Para ello analiza el PDD y realiza visitas al sitio en donde se desarrollará el proyecto MDL para asegurarse que en su ejecución se habrán de cumplir con los requisitos exigidos y que todo lo especificado en el PDD se encuentre debidamente sustentado por documentación respaldatoria.
6. **Registro.** Con un resultado de validación positivo, la DOE, a instancias del proponente de proyecto, puede hacer la solicitud de registro ante la Junta Ejecutiva del MDL, quien evaluará si se cumplen con los requisitos vigentes.
7. **Monitoreo y verificación.** El monitoreo es la vigilancia sistemática del desempeño del proyecto mediante la medición y registro de los indicadores clave del proyecto, en particular los que contribuyen a determinar la reducción de emisiones que el proyecto produce. La verificación está a cargo de una entidad independiente (DOE) y consiste en la evaluación periódica e independiente de las reducciones de las emisiones de GEI que se hayan producido como resultado de la actividad de Proyecto MDL. Una vez verificado que la reducción de emisiones se hubiere producido la DOE certifica ante la Junta Ejecutiva esa reducción.

8. Expedición. La expedición o emisión (issuance, en inglés) de los CERs es la instrucción que envía la Junta Ejecutiva al administrador del registro del MDL para que expida una cantidad determinada de CERs para un determinado período a favor de una actividad de proyecto MDL, en base al reporte de verificación presentado por la DOE.

Identificación de los costos específicos del MDL

El proceso de desarrollo y registro de proyectos MDL y la correspondiente expedición de créditos de carbono (CER) se ha convertido, con el tiempo, en un proceso cada vez más complejo debido a reglas cada vez más estrictas y a un escrutinio más minucioso que ha provocado un incremento en los costos durante. En consecuencia, los costos específicos de un proyecto MDL pueden llegar a ser significativamente altos. En la tabla siguiente se describen los costos representativos de un proyecto (Anexo 9). Cabe mencionar que deben contemplarse costos adicionales si el proyecto se desarrolla bajo otros estándares específicos, tales como el Gold Standard así como los costos adicionales por el corretaje o venta.

Figura 15. Esquema de ciclo del proyecto MDL.



Fuente: Finanzas carbono (2014).

Como ingresar al mecanismo del MDL en Guatemala

Para poder ingresar a los mecanismos de desarrollo limpio, finca El Cascajal debe de realizar lo siguiente. La persona interesada en la aprobación nacional de una propuesta de un proyecto que aplique al Mecanismo para un Desarrollo Limpio deberá presentar ante el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, una solicitud escrita en original y copia simple con firma legalizada conteniendo la siguiente información (MARN 2014).

- a)** Para las personas individuales; nombres y apellidos del solicitante, edad, estado civil, nacionalidad, profesión u oficio, domicilio, número de cédula de vecindad o pasaporte en caso de ser extranjero, número de identificación tributario (NIT) y lugar para recibir notificaciones. Si la persona que presenta la solicitud actúa en representación de otra persona individual, deberá adjuntar fotocopia legalizada del testimonio de la escritura pública de mandato respectivo.
- b)** Para las personas jurídicas y empresas mixtas; nombre, razón o denominación social de la entidad solicitante, domicilio, lugar para recibir notificaciones y número de identificación tributario (NIT) de éste. A la solicitud deberá acompañar fotocopia legalizada del nombramiento del representante legal, de las patentes de comercio de sociedad y de empresa y del testimonio de la escritura pública de constitución de la sociedad con sus modificaciones si las hubiere, inscritas en el Registro Mercantil.
- c)** El documento de Diseño de Proyecto del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (PDD, por sus siglas en inglés).
- d)** Una copia del instrumento de Evaluación Ambiental correspondiente, aprobado por la Dirección General de Gestión Ambiental y Recursos Naturales del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
- e)** Declaración jurada del plan de cumplimiento de los compromisos adquiridos en la resolución de aprobación del Instrumento de Evaluación Ambiental correspondiente.

f) Resumen de la contribución del proyecto al desarrollo sostenible.

g) Declaración jurada que el proyecto está enmarcado dentro de las leyes, políticas nacionales y sectoriales correspondientes al ámbito del proyecto.

h) Informe técnico de la integración de la cantidad de toneladas equivalentes de dióxido de carbono (CO₂) que se estima reducirá o evitará el proyecto anualmente.

La designación del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), como Autoridad Nacional Designada (AND) responsable del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL) por medio del Acuerdo Gubernativo No.388-2005; y la emisión del Acuerdo Ministerial No. 477-2005, que da vida a la Oficina Nacional de Desarrollo Limpio (ONDL), y establece el procedimiento para la solicitud, análisis, valoración y aprobación nacional de las propuestas de proyectos que apliquen al Mecanismo para un Desarrollo Limpio del Protocolo de Kioto; aumentan la oportunidad de atracción de inversión extranjera directa para proyectos de energía renovable, eficiencia energética y otros que reducen o evitan las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera (MARN 2014).

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, está dando un impulso importante al desarrollo de proyectos que puedan beneficiarse de los llamados “Bonos de Carbono”. En ese sentido se ha constituido la Autoridad Nacional Designada (AND), requisito del Protocolo de Kioto para que un país parte pueda participar en el Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL). La AND es responsable de extender la Carta de Aprobación Nacional, en la cual se declara que la propuesta de actividad de proyecto que aplica al MDL cumple con los requisitos del Protocolo de Kioto, y además contribuye al desarrollo sostenible del país. Para ello el MARN ha establecido un procedimiento administrativo simple (MARN 2014).

La aprobación de la Autoridad Nacional Designada de los Países Anfitriones del MDL tiene dos grandes propósitos, 1. Formalmente indica que el país desea participar en esa actividad específica de proyecto, que es consistente con el Sistema Legal Nacional

incluyendo las regulaciones ambientales, y 2. Que contribuye al desarrollo sostenible del país (MARN 2014).

La Oficina Nacional de Desarrollo Limpio es responsable de emitir un informe recomendado a la Autoridad Nacional Designada sobre la extensión de la Carta de Aprobación Nacional, por lo cual la Oficina Nacional de Desarrollo Limpio previamente debe; Analizar el cumplimiento de los requisitos de la solicitud de la Carta de Aprobación Nacional; Analizar a fondo toda la información y estudios sobre la propuesta de proyectos que soliciten aplicar al MDL; Reunirse con los proponentes del proyecto cuantas veces sea necesario; Visitar el sitio y área del proyecto; Además, la ONDL debe desempeñar las atribuciones adicionales detalladas en el Acuerdo Ministerial No. 477-2005.

A la fecha la Junta Ejecutiva ha registrado 20 proyectos MDL individuales y 3 Programas de Actividades (PoA) de Guatemala, y además el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales ha entregado 16 Cartas de Aprobación Nacional a proyectos que aplican al MDL del Protocolo de Kioto y están en proceso de registro (MARN 2014).

Según Castañeda (2014), coordinador de la ONMDL, el mecanismo de desarrollo limpio en Guatemala, no ha realizado ninguna transacción de “bonos de carbono” por concepto de reforestación, existe un proyecto por reforestación en Cerro San Gil, Izabal, dicho proyecto aún no ha enviado la solicitud de carta de aprobación nacional, para acceder a los proyectos de MDL (Anexo 10)

9.3.3 Fortalecimiento en el desarrollo ecoturístico, conservación y protección de los bosques de la finca El Cascajal.

En la actualidad finca El Cascajal cuenta con áreas especiales de bosques y cultivos, senderos, áreas de descanso, así como, miradores y fuentes de agua. También cuenta con actividades turísticas como; el Orquidearío y el Mountain Tour. El Coffe Tour es una actividad que se está gestionando.

Tomando en cuenta las actividades eco-turísticas que desarrolla la finca El Cascajal, se proponen las siguientes actividades para fortalecer dichas actividades.

a) Áreas de bosques y cultivos

Como se observa en la figura número 9, finca El Cascajal cuenta con suelos cuya capacidad de uso es apta para la protección y conservación. En el 2009 Walter Sance, realizó la clasificación de suelo según; clase y taxonomía.

Debido a que finca El Cascajal posee suelos Entisol_Clase VI y Entisol clase VII, la combinación de clase y orden de suelo, proporciona las bases para la formulación de lineamientos, ya que estos tipos de suelo son aptos para manejos forestales, producción de bosques y no son aptos para cultivos; motivo por el cual es oportuno conservar estas áreas para conservación de bosques e incrementar la densidad de árboles. Es importante resaltar que con esto, no se está excluyendo las otras áreas de bosque, por lo contrario, es vital que esas áreas se conserven, ya que en la actualidad finca el Cascajal ha disminuido su cobertura boscosa.

- Establecer árboles con especies endógenas de los bosques en áreas expuestas a erosión hídrica.
- En las áreas cuyo uso actual es guamil, se propone el establecimiento de plantaciones forestales con especies (pino ocote (*Pinus oocarpa*), liquidambar y roble (*Quercus sp*), esto con el fin de poder utilizar racionalmente el recurso bosque, pues la capacidad de uso de suelo es apta para brindar un manejo forestal sostenible.
- Debido a que en la presente investigación se realizó un inventario forestal, se puede determinar la cantidad e individuos de árboles a talar de manera selectiva, siempre tomando en cuenta factores como, alta probabilidad de caída debido a su posición en el sitio y a su madurez fisiológica. Esto con el fin de aprovechar el recurso de forma sostenible y evitar accidentes.

- Establecer monitoreos y rondas corta fuego, para evitar incendios forestales y talas no autorizadas en las áreas boscosas a conservar.

Para el área de cultivos se propone:

- Mejoramiento de los senderos en las plantaciones de café.
- Señalización de las zonas de cultivo, según su variedad y edad de plantación.

b) Senderos

Para el fortalecimiento de los senderos de la finca se propone lo siguiente:

- Para el mantenimiento de los senderos establecidos y de la construcción de nuevos, utilizar materiales existentes en la región, esto con el fin de crear una arquitectura de integración y reducción de costos.
- Evitar la creación de senderos con pendientes mayores de 10%, si se encontraran pendientes mayores se recomienda la utilización de peldaños.
- Debe evitarse los materiales resbaladizos en la construcción de las superficies de los senderos, especialmente en época de lluvia.
- Generar información interpretativa para lograr apreciación natural y ambiental, además de establecer reglas de conducta y así evitar impactos negativos por parte de los visitantes.
- Para evitar el impacto sobre la flora o la fauna se puede emplear diferentes formas de sendero, como circulares, en forma de “8” o lineales.

c) Áreas de descanso y miradores

Para el fortalecimiento de las áreas de descansos y miradores establecidos de la finca se propone lo siguiente:

- Brindar mantenimiento periódico a los puntos de descanso y miradores establecidos, para que el visitante puede apreciar los paisajes naturales en un ambiente de confort.

- Establecer rótulos en áreas específicas, para que el visitante conozca la biodiversidad de la finca.
- Los rótulos a establecer deben ser ilustrativos, los materiales para construir deben de ser duraderos y estar debidamente anclados, utilizar de preferencia madera o rocas para no alterar el paisaje natural.
- Incorporar más áreas de descanso y miradores en puntos claves durante el recorrido de la finca.

d) Orquidearío

Según estudios finca El Cascajal cuenta con más de 100 especies de orquídeas, siendo *Ornithocephalus cascajalensis* Archila, la orquídea representativa de la finca. Es por ello que es importante conservar el hábitat de dichas orquídeas.

Para el fortalecimiento del orquidearío de la finca se plantea lo siguiente:

- Brindar mantenimiento periódico en las instalaciones del orquidearío de la finca El Cascajal, para que los visitantes, puedan apreciar en óptimas condiciones el lugar.
- Brindar mantenimiento a las orquídeas, la cual se debe realizar con frecuencia, para así poder observar y evaluar su desarrollo.
- Contar con una base de datos con cada una de las especies exhibidas en el orquidearío.
- Clasificar las orquídeas según el género y establecer rótulos tipo mural que describa las características de las orquídeas.
- Elaborar trifoliales con información básica sobre las orquídeas, para que cuando lleguen los visitantes, puedan conocer más sobre estas plantas.

f) Mountain Tour

Finca El Cascajal ha sido un centro de atracción de deportes extremos, siendo uno de ellos el Mountain Bike, abriendo sus puertas para permitir el paso y atención de ciclistas en la **travesía trinacional de ciclismo de montaña** que se realiza con la participación de ciclistas de Guatemala, El Salvador, Costa Rica, Finlandia, Canadá, Estados Unidos, México, Colombia entre otros, realizada año con año.

Para fortalecer esta actividad se plantea lo siguiente:

- Mejorar los rótulos para identificar la ruta.
- Establecer croquis con la ruta a seguir.
- Brindar mantenimiento periódicamente a los senderos donde pasa la travesía.
- Socializar la actividad a la población de Esquipulas.

Para integrar todas las actividades eco-turísticas que posee finca El Cascajal, se propone que la finca realice un recorrido establecido que permita al visitante conocer, apreciar y aprender sobre el proceso del café en la finca, así como la biodiversidad, la riqueza cultural y arquitectónica. Finca El Cascajal recibe aproximadamente 30 visitantes diarios, estos distribuidos en grupos de escuelas, colegios, productores de café, entre otros.

Se propone un recorrido de aproximadamente dos horas y media, con una caminata en los lugares de sitios de interés de la finca, por lo que se considera un recorrido local en grupos no mayores de 15 personas, esto con el fin de no generar un impacto significativo al ecosistema. Durante este recorrido los visitantes conocerán el conjunto histórico y su entorno natural, siendo acompañados por un guía especializado en el tema. A continuación se describen los atractivos y actividades para apreciar las actividades que desarrollan dentro de la finca y que serán de especial interés durante el recorrido:

1. Breve explicación acerca de los inicios del café en Guatemala y especialmente Esquipulas.
2. Breve exposición del proceso de café en la finca desde su siembra.

3. Recorrido por las plantaciones de café de diferentes edades y variedades.
4. Recorrido por el beneficio húmedo y seco.
5. Visita a patios de secado.
6. Visita al orquidearío de la finca.
7. Visita a la “Piedra de la muñeca”.
8. Visita a la “Quebrada la Grande”.
9. Visita a la “Poza del perol”.
10. Visita al “Helecho gigante”.
11. Visita a la Casona y el Nuez.

10. CONCLUSIONES

1. La actualización del mapa de uso de suelo de la finca El Cascajal muestra que esta posee un área total de 654.6 Ha distribuidas de la siguiente forma: 348.10 Ha de bosques natural, 286.92 Ha del cultivo de café y 19.58 Ha de guamil.
2. La finca El Cascajal posee tres tipos de bosque, bosque conífero, bosque latifoliado y bosque mixto, siendo el bosque latifoliado el de mayor área con 134.12 Ha que corresponde al 38.53% del área total de bosque.
3. La densidad de carbono fijado en los bosques de la finca varía de acuerdo al tipo de bosque donde el bosque latifoliado tiene una densidad de 139.79 tC/Ha, el bosque conífero de 102.02 tC/Ha y el bosque mixto con 63.38 tC/Ha.
4. El contenido total de carbono fijado por los bosques de la finca es de 35,837.43 tC, de los cuales el bosque latifoliado representa el 52.32%, el bosque conífero el 25.98% y el bosque mixto el 21.71%.
5. El orden de suelo está relacionado con la calidad de sitio y por consiguiente influye en las variables de diámetro a la altura de pecho (DAP), altura y densidad de árboles, que son determinantes en la fijación de carbono.
6. De los escenarios planteados en el mercado voluntario de carbono para finca El Cascajal, los mecanismos REDD son los más apropiados en este tipo de transacciones.

11. RECOMENDACIONES

1. Para evitar la disminución de la cobertura boscosa en la finca, es importante que se promueva el manejo sostenible del bosques, mediante la gestión de proyectos de reforestación, protección y conservación.
2. Realizar procesos de gestión para la comercialización de bonos de carbono en los mercados voluntarios lo cual se puede llevar a cabo mediante tres mecanismos, OTC, CARE y REDD, para promover la gestión integrada de bosques dentro de la finca El Cascajal.
3. Para realizar una transacción de bonos de carbono en el mercado voluntario, finca El Cascajal debe de analizar los términos del contrato, para proteger los derechos de propiedad del carbono y de la tierra.
4. Promover la gestión ambiental como un mecanismo que permita la protección, recuperación y conservación de los recursos naturales y el medio ambiente, con el propósito apoyar la producción sustentable de café.
5. Realizar estudios sobre verificación de almacenamiento de carbono en los estratos de la finca El Cascajal, para evaluar la dinámica del carbono fijado a mediano y largo plazo.
6. Socializar los resultados de la investigación, como parte de las acciones de gestión ambiental realizadas por la finca El Cascajal, como parte del proceso de certificación ambiental módulo clima.

12. BIBLIOGRAFÍA

1. Aversano, N; Temperini, T. 2006. El calentamiento global: bonos de carbono, una alternativa (en línea). El portal de referencia para ingenieros Químicos. 26 p. Consultado 23 dic. 2013. Disponible en http://www.ingenieriaquímica.org/system/files/bonos_carbono.pdf
2. Beaumont, RE. 1999. El protocolo de Kyoto y el mecanismo para un desarrollo limpio: nuevas posibilidades para el sector forestal de América Latina y el Caribe. Santiago, CL, Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe. 242 p.
3. Castañeda I, R. 2014. Información sobre carbono en proyectos de Guatemala, según el MDL (correspondencia personal). Guatemala, MARN, MDL.
4. Castellanos, E; Martínez, C; Roldán, F. 2003. Guatemala frente al cambio climático: el potencial de mitigación del sector forestal Guatemalteco (II parte). Guatemala, UVG. p. 30-31
5. Córdón C, H. 2008. La importancia de implementar los servicios ambientales en el departamento de El Progreso de la República de Guatemala. Tesis Lic. AN. Guatemala, UMG. 273 p.
6. Córdova, L. 2009. Análisis de iniciativas REDD actualmente en ejecución: el FCPF del Banco Mundial y UN-REDD. Guatemala, MARN. 15 p.
7. Davis, R. 2000. Descripción general de la evaluación mundial de los recursos forestales 2000 (en línea). *In* Sección II: Ponencias presentadas en el marco de trabajo de FRA-2000 (Forest Resources Assessment 2000). Roma, FAO. Consultado 23 ene. 2014. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/007/ad102s/AD102S03.htm>

8. Enamorado C, MH. 2012. Estimación del carbono fijado en el parque nacional Montecristo, ubicado en el municipio de Metapán, departamento de Santa Ana, El Salvador. Tesis Ing. Agr. Chiquimula, GT, USAC-CUNORI. 60 p.
9. Figueroa Cerna, JS. 2013. Mapa ubicación y referencia de la finca El Cascajal, Esquipulas. Chiquimula, GT, SIG-CUNORI. Esc. 1:50,000. Color.
10. Finanzas Carbono. 2014. Información de mercados de carbono (en línea). *In* Plataforma sobre financiamiento climático para Latinoamérica y El Caribe. Colombia. Consultado 15 may. 2014. Disponible en: www.finanzascarbono.org
11. Finca El Cascajal, GT. 2013. Información general finca El Cascajal (en línea). Aldea San Nicolás, Esquipulas, Chiquimula, GT. Consultado 09 sep. 2013. Disponible en: www.fincaelcascajal.com
12. Goudie, A. 1990. The human impact on the natural environment. 3 ed. Oxford, UK, Basil Blackwell Ltd. 388 p.
13. Iturbide, MJ. 2009. Guatemala: Implementación de mecanismos REDD, para la contextualización y discusión de actores en el diálogo forestal (en línea). Guatemala, The Forests Dialogue. 27 p. Consultado 20 may. 2014. Disponible en: http://theforestdialogue.org/sites/default/files/tfd_redd_guatemala_background_paper_espanol.pdf
14. Jordán A, M. 2010. 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. Tesis Ing. Agr. Chiquimula, GT, USAC-CUNORI. 61 p.

15. MARN (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, GT). 2014. El mecanismo de desarrollo limpio en Guatemala: protocolo de Kioto, convención marco de Naciones Unidas para el cambio climático. Trifoliar. (Boletín MDL).
16. Márquez, L. 1997. Validación de campo de los métodos del Instituto Winrock para el establecimiento de parcelas permanentes de muestreo para cuantificar carbono en sistemas agroforestales. Guatemala, UVG. 75 p.
17. _____. 2000. Elementos técnicos para inventarios de carbono en uso del suelo. Guatemala, Fundación Solar. 33 p.
18. Mintzer, I. 1992. Confronting climate change: risk implications and responses. Cambridge, UK, Univesity Press. 400 p.
19. PNUMA (Programa de Naciones Unidas Para el Medio Ambiente, AR). 1998. La lucha contra el cambio climático: el compromiso del parlamento latinoamericano. Buenos Aires, AR. 174 p. (Serie de Ciudadanía Ambiental).
20. Programa Regional REDD (Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de Bosques Centroamérica y República Dominicana); CCD-GIZ. *s.f.* Integrando esfuerzos para un buen manejo de los bosques (en línea). Consultado mar. 2014. Disponible en: <http://www.reddccadgiz.org>
21. Sancé N, W. 2009. Determinación de la capacidad de uso y clasificación taxonómica de los suelos de la finca El Cascajal, del municipio de Esquipulas, departamento de Chiquimula, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Chiquimula GT, USAC-CUNORI. 75 p.

22. SIG-CUNORI (Sistema de Información Geográfica de CUNORI, GT). 2013. Mapa de área de uso de la finca El Cascajal, Esquipulas. Chiquimula, GT. Esc. 1:28,500. Color.
23. _____. 2013. Mapa de cobertura y tipo de bosque de la finca El Cascajal, Esquipulas. Chiquimula, GT. Esc. 1:28,520. Color.
24. _____. 2013. Mapa de ubicación de las 15 parcelas muestreadas en la finca El Cascajal, Esquipulas. Chiquimula, GT. Esc. 1:28,520. Color.
25. _____. 2013. Mapa de ubicación de las 18 parcelas muestreadas en la finca El Cascajal, Esquipulas. Chiquimula, GT. Esc. 1:28,000. Color.
26. _____. 2013. Mapa de ubicación de las 18 parcelas muestreadas, según el tipo de estrato de bosque en la finca El Cascajal, Esquipulas. Chiquimula, GT. Esc. 1:28,520. Color.
27. _____. 2014. Mapa de contenido total de carbono en los estratos de bosques de la finca El Cascajal, Esquipulas. Chiquimula, GT. Esc. 1:28,500. Color.
28. UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, CH). 2010. Qué es REDD+ (en línea). Suiza. Consultado 10 mar. 2013. Disponible en: http://www.iucn.org/es/sobre/union/secretaria/oficinas/sudamerica/sur_trabajo/sur_bosquesam/sur_bosques_cambio_climatico/sur_bosques_redd/
29. Villagrán J, L. 2012. Estimación del carbono fijado en el ecosistema de bosque latifoliado de la zona núcleo del cerro 1019, ubicado en el área de protección especial, sierra santa cruz, municipio de Livingston, departamento de Izabal, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Chiquimula GT, USAC-CUNORI. 63 p.

30. Villela M, S. 2012. Estimación del carbono fijado en los ecosistemas de la cuenca del Río Tacó, Municipio de Chiquimula, departamento de Chiquimula, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Chiquimula, GT, USAC-CUNORI. 61 p.

13. ANEXOS

Anexo 1. Boletas de campo.

Boleta de campo a utilizar en el inventario de carbono en la finca El Cascajal.

Nombre del colector _____	Fecha _____	Sector _____	Lote _____
Tipo de bosque _____	Pendiente _____	Altitud _____	
Coordenadas X _____	Y _____		

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			
41			

No.	Especie	DAP (cm)	Altura (m)
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			
81			
82			

Continuación anexo 1.

Datos de arbustos

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			

Continuación anexo 1.

Datos maleza, hojarasca y suelo

Datos Malezas (kg)		
Peso Humedo Campo (kg)	Peso Humedo Submuestra (g)	Peso Seco Submuestra (g)
Datos Hojarasca (kg)		
Peso Humedo Campo (Kg)	Peso Humedo Submuestra (g)	Peso Seco Submuestra (g)
Datos de Suelo		
Peso Humedo Campo (g)	Peso Seco (g)	% Carbono

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

Coordenadas de ubicación de las parcelas

Id	X	Y
BC2	628928	1607079
BC3	629935	1607431
BC10	630619	1606067
BC15	629938	1606285
BL6	628953	1606648
BL7	627592	1606369
BL8	627224	1606002
BL9	629679	1605340
BL11	630791	1606565
BL14	628150	1604270
BL16	628197	1604932
BL17	628479	1606939
BM1	628943	1607763
BM4	629280	1607131
BM5	629894	1607922
BM12	630178	1606415
BM13	629586	1605860
BM18	627446	1605299

Sistema Coordenado: GTM, Zona 15,5, DWGS84

SIGLAS	Significado
BC	Bosque Conífero
BL	Bosque Latifoliado
BM	Bosque Mixto

Anexo 3. Datos forestales de los Estratos de bosques de la Finca El Cascajal.

Datos forestales del estrato Bosque Conífero

Bosque Conífero			
Parcela	DAP promedio por parcela (cm)	Altura promedio por parcela (m)	Árboles/ha por parcela
BC2	26.56	23.27	580
BC3	18.58	16.58	360
BC10	19.21	15.72	220
BC15	19.13	14.12	240
Promedio	20.87	17.42	350.00

Datos forestales del estrato Bosque Latifoliado

Bosque Latifoliado			
Parcela	DAP promedio por parcela (cm)	Altura promedio por parcela (m)	Árboles/ha por parcela
BL6	9.37	8.7	600
BL7	13.52	14.75	1380
BL8	11.21	9.34	480
BL9	23.02	20.21	400
BL11	15.15	9.86	420
BL14	14.72	14.03	840
BL16	21.31	19.9	860
BL17	11.36	12.83	2000
Promedio	14.96	13.70	872.50

Datos forestales para el estrato de Bosque Mixto

Bosque Mixto			
Parcela	DAP promedio por parcela (cm)	Altura promedio por parcela (m)	Árboles/ha por parcela
BM1	11.57	12.98	580
BM4	18.98	12.12	380
BM5	14.65	10.91	260
BM12	19.37	14.01	300
BM13	19.86	18.26	300
BM18	11.23	9.09	380
Promedio	15.94	12.90	366.67

Anexo 4. Promedio de depósitos de Maleza y Hojarasca en los 3 Estratos

Promedio de Maleza y Hojarasca en el Bosque Conífero

Bosque Conífero		
Parcela	Hojarasca tC/Ha	Maleza tC/Ha
BC2	3.24	0.09
BC3	3.18	0.76
BC10	1.25	0.41
BC15	1.80	1.50
Promedio	2.37	0.69

Promedio de Maleza y Hojarasca en el Bosque Latifoliado

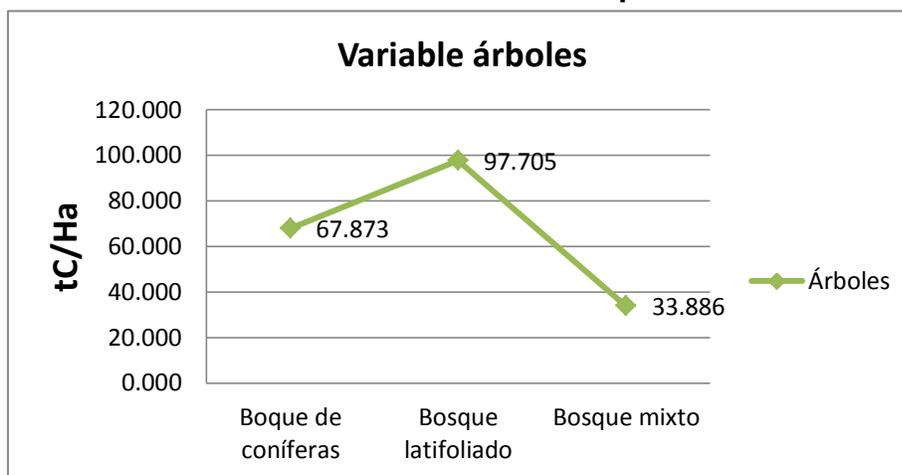
Bosque Latifoliado		
Parcela	Hojarasca tC/Ha	Maleza tC/Ha
BL6	1.10	0.19
BL7	3.50	0.03
BL8	4.41	0.06
BL9	3.32	0.12
BL11	0.80	2.90
BL14	1.26	0.17
BL16	1.94	0.27
BL17	4.30	0.09
Promedio	2.58	0.48

Promedio de Maleza y Hojarasca en el Bosque Mixto

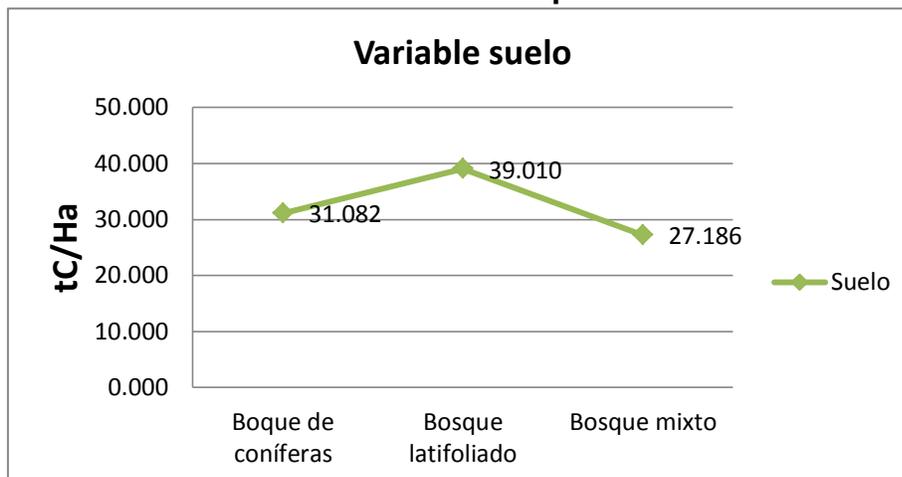
Bosque Mixto		
Parcela	Hojarasca tC/Ha	Maleza tC/Ha
BM1	1.47	1.13
BM4	1.02	0.37
BM5	1.77	0.80
BM12	2.59	0.36
BM13	3.06	0.11
BM18	0.70	0.44
Promedio	1.77	0.54

Anexo 5. Figuras densidad de Carbono en variables

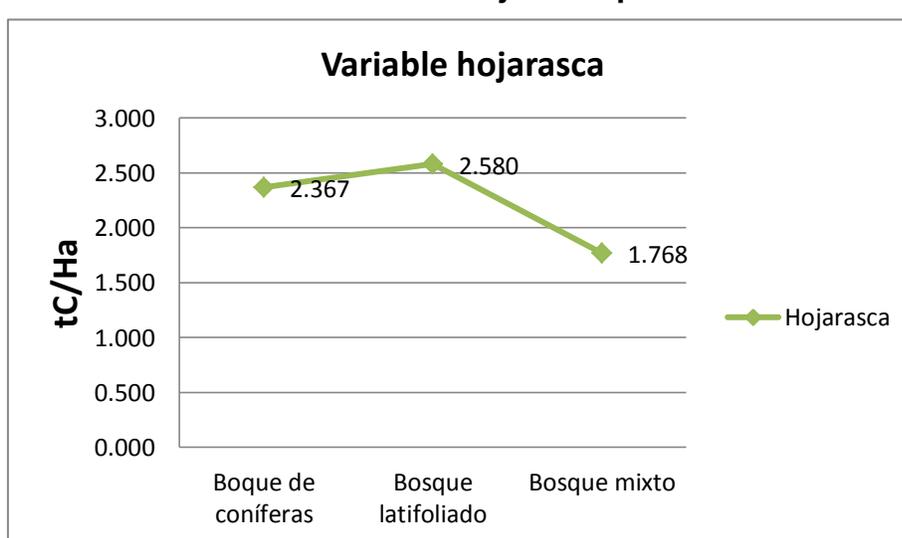
Densidad de variable de árboles por ecosistema



Densidad de variable suelo por ecosistema

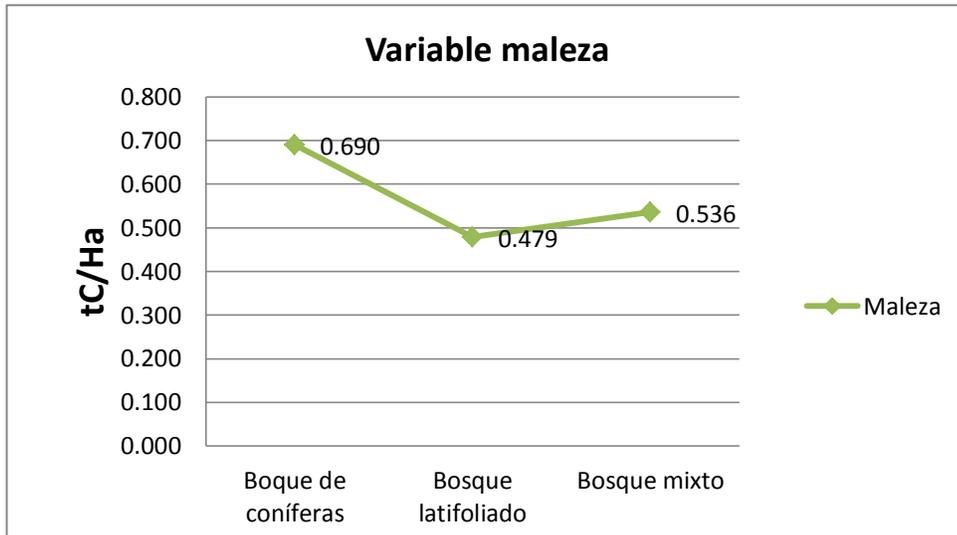


Densidad de variable hojarasca por ecosistema

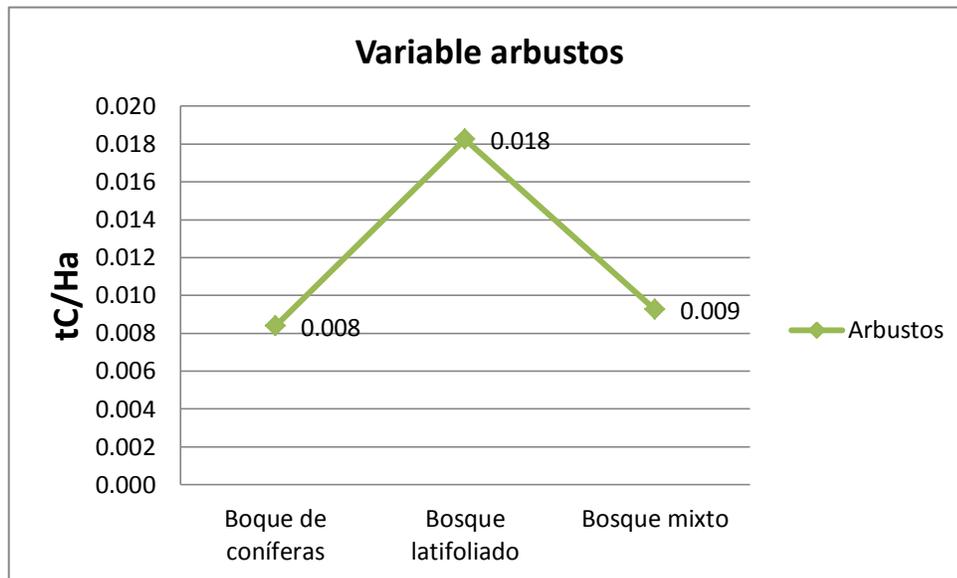


Continuación anexo 5.

Densidad de variable maleza por ecosistema



Densidad de variable arbustos por ecosistema



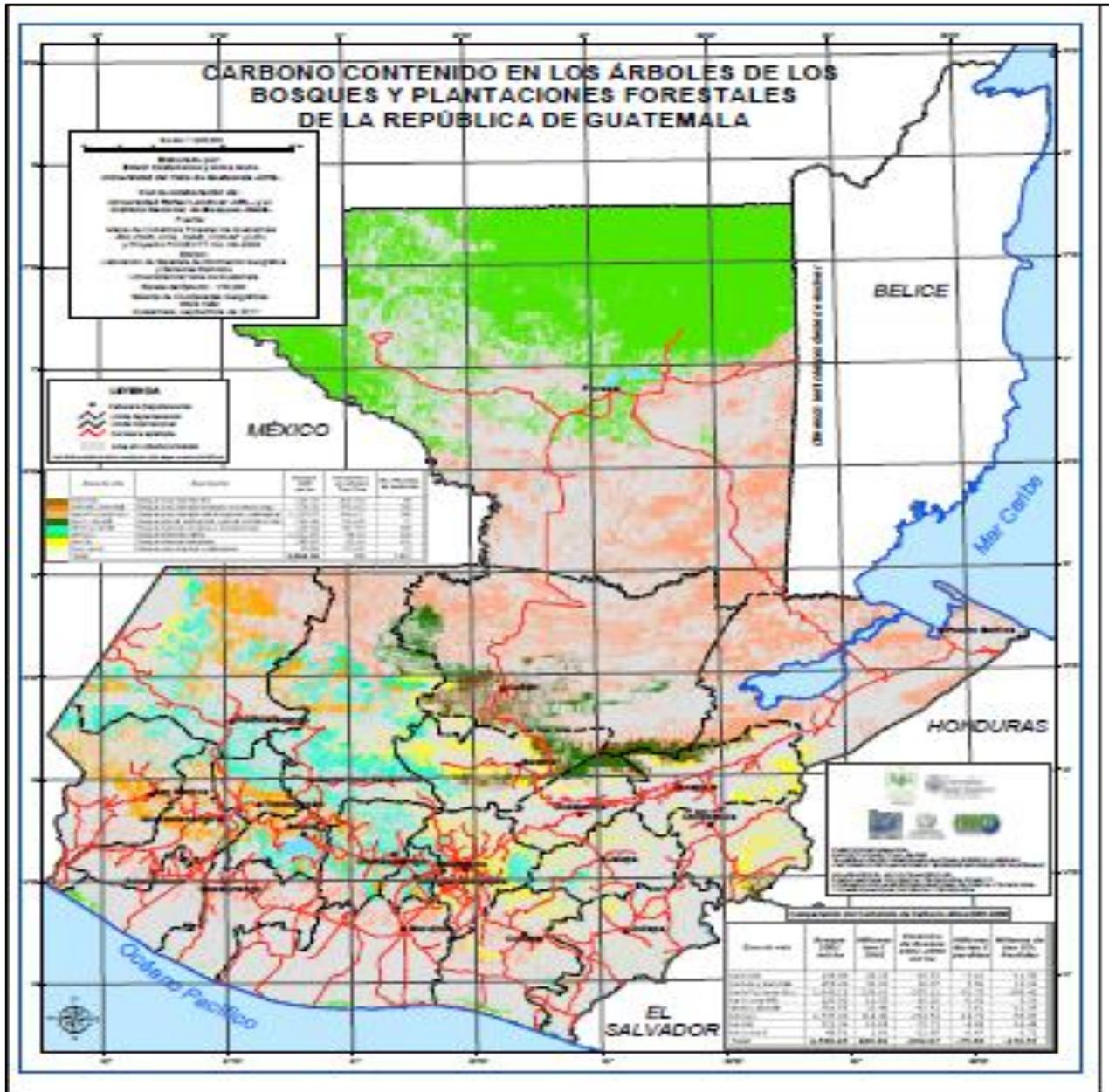
Anexo 6. Lista de siglas

BM	Banco Mundial.
CE	Comercio de Emisiones.
CEA	Centro de Estudios Ambientales (Universidad del Valle de Guatemala).
CER's	Certificados de Emisiones Reducidas.
CFC	Concesiones Forestales Comunitarias.
CMCC	Convención Marco sobre el Cambio Climático.
CONAP	Concejo Nacional de Áreas Protegidas.
COP	Conferences of the Parties (Conferencias de Partes).
CTO	Certified Tradable Offsets.
CUTS	Cambio de Uso de la Tierra y Sivicultura.
FAO	Food and Agriculture Organization (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura)
FCPF	Forest Carbon Partneship Facility.
FDN	Fundación Defensores de la Naturaleza.
FUNDAECO	Fundación para el Eco-Desarrollo y la Conservación.
GEI	Gases de Efecto Invernadero.
GTC	Gigas Toneladas de Carbono.
INAB	Instituto Nacional de Bosques.
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Panel Intergubernamental de Cambio Climático).
MAGA	Ministerio de Agricultura, Ganadería Y Alimentación.
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
MDL	Mecanismos de Desarrollo Limpio.
PINFOR	Programa de Incentivos Forestales.
PNUMA	United Nations Environment Programme (Programa de Naciones Unidas de Medio Ambiente).
PSA	Pagos por Servicios Ambientales.
RA	Raintforest Alliance.
RBM	Reserva de la Biósfera Maya.

Continuación anexo 6.

REDD	Reducing Emissions from Deforestation and forest Degradation (Reducción de Emisiones por Deforestación evitada y Degradación de bosques).
R-PIN	Readiness Plan Project Idea Note (Nota de idea del plan de preparación).
R-PLAN	Readiness Plan (Plan de preparación).
SNMF	Sistemas Nacionales de Monitoreo Forestal.
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change. CMNUCC (Convención Marco de las Naciones Unidas para 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).
UTCC	Unidad Técnica de Cambio Climático.
UVG	Universidad del Valle de Guatemala.

Anexo 7. Mapa de carbono contenido en los árboles de los bosques plantaciones forestales de la República de Guatemala, realizado por la Universidad del Valle de Guatemala.



Anexo 8. Metodología de estándares de Mercado Voluntario

Metodologías en el marco del Estándar Voluntario de Carbono(Verified Carbon Standard, CS, por sus siglas en inglés), el Gold Standard y el CAR se sintetiza a continuación

	Estándar Voluntario de Carbono	Gold Standard	Reserva de Acción Climática
Como se desarrollan las metodologías	Ascendente: por los proponentes de proyecto	Ascendente: por los proponentes de proyecto	Descendente: por el cuerpo del estándar en colaboración con actores y expertos.
Como se aprueban las metodologías	Proceso de Doble Aprobación VCS: dos auditores externos evalúan la nueva metodología; si ambos la aprueban, ésta es aprobada automáticamente por el VCS.	Por el cuerpo del estándar	Por el cuerpo del estándar
Metodologías de otros estándares aprobadas para su uso.	Todas las metodologías del MDL Todas las metodologías del CAR	Todas las metodologías del MDL	Ninguna
Lista de metodologías aprobadas	Disponible en la página de Metodologías del VCS	Disponible en la página de las Metodologías GS	Disponible en la página de Protocolos del CAR

Continuación anexo 8.

Elementos principales del VCS se describen a continuación

Determinación de la línea base y monitoreo	<p>El VCS admite las siguientes metodologías para la determinación de la línea de base y monitoreo del proyecto:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Metodologías aprobadas por la UNFCCC para el MDL▪ Metodologías aprobadas por el VCS mediante el “proceso de doble aprobación”▪ Metodologías aprobadas para la Reserva de Acción Climática (Climate Action Reserve, CAR, por sus siglas en inglés).
Adicionalidad	<p>Todos los proyectos aprobados por el VCS deben ser adicionales y cumplir con los requisitos dispuestos en la metodología de línea base seleccionada para cada proyecto (por ejemplo, la Herramienta para Demostración y Evaluación de Adicionalidad del MDL). El VCS permite que los proponentes de proyectos sometan a consideración nuevos lineamientos de adicionalidad bajo el “proceso de doble aprobación”.</p>
Permanencia /Doble Contabilidad	<p>Las metodologías admisibles bajo el VCS contienen provisiones para asegurar la permanencia de la reducción de emisiones obtenida por un proyecto. En casos donde sea requerido, por ejemplo en proyectos forestales, se establecen provisiones que permitan una estimación conservadora que compense por posibles cambios en las reducciones alcanzadas. Asimismo, el VCS ha implementado criterios rigurosos para evitar la “doble contabilidad”.</p>
Fugas	<p>En general, las emisiones fugitivas son identificadas y cuantificadas dentro de las metodologías de línea base y monitoreo.</p>
Criterios Específicos	<p>Proceso de doble aprobación El VCS ha establecido procesos especiales para aprobación y/o revisión de metodologías y herramientas de adicionalidad. Este proceso involucra una consulta pública del documento propuesto y su revisión por parte de dos Entidades Operacionales Designadas (DOE por sus siglas en inglés).</p> <p>Sustancias Destructoras de Ozono El VCS ha incorporado las Sustancias Destructoras de Ozono (CFCs) dentro de los gases elegibles para reclamar VERs. Debido al elevado Potencial de Calentamiento Global de los CFCs, los proyectos que eviten y destruyan las emisiones de gases refrigerantes pueden acceder al mercado de carbono.</p>

Continuación anexo 8.

Comparación de diversas implicaciones de las diferentes formas de REDD+

	REDD	REDD+	REDD+ CON CO-BENEFICIOS
Objetivo	Reducir emisiones por deforestación y degradación donde existan mayores contenidos de carbono y mayor riesgo de que sean liberados.	Reducir emisiones por deforestación y degradación, independientemente si el riesgo de liberación es inmediato o futuro.	Maximizar y monitorear los beneficios sociales y ambientales de los mecanismos REDD+ y REDD+
Actividades elegibles	Reducción de deforestación y/o degradación	Reducción de deforestación y degradación, conservación de los stocks de carbono, manejo sostenible de los bosques y mejoramiento de las reservas forestales	Los mismos que en REDD+ y REDD+, pero con un monitoreo de los beneficios sociales y ambientales.
Beneficios en la reducción de GEI	Al destinar los recursos directamente a evitar la deforestación y degradación que se está dando ahora, sus beneficios de reducción son inmediatos.	Al destinar los recursos directamente a evitar la deforestación y degradación que se podría dar a futuro, sus beneficios de reducción son a más largo plazo, o incluso para zonas donde no hay riesgos, casi nulos.	Ya que parte de los recursos se deben destinar a monitorear los beneficios sociales y ambientales, se cuenta con menos recursos para la actividad directa de reducción de emisiones de GEI.
Beneficios ambientales	Conservación de ecosistemas en riesgo	Conservación de ecosistemas en riesgo y otros con posibles presiones a futuro y con alto contenido de carbono.	Además de los de REDD+ y REDD+, un seguimiento directo de los beneficios, lo que permite maximizar los beneficios y disminuir los posibles impactos.
Beneficios sociales	Ingreso de recursos que pueden ser destinados de acuerdo a las prioridades definidas de manera autónoma por las comunidades o actores beneficiados.	Además de las de REDD, el reconocimiento de actividades ancestrales de conservación de ecosistemas forestales y de prácticas que benefician tanto el mantenimiento como la mejora de los stocks de carbono, así como las prácticas de manejo forestal sostenible.	Además de los de REDD+ y REDD+, un seguimiento directo de los beneficios, lo que permite maximizar los beneficios y disminuir los posibles impactos.

Continuación anexo 8.

Requerimientos técnicos	<ul style="list-style-type: none"> - Metodologías para el monitoreo de las coberturas forestales y su degradación - Metodologías para la contabilidad del carbono asociado a los bosques - Identificación de condiciones socioeconómicas que determinan la deforestación/degradación - Definición de actividades alternativas sostenibles que reemplacen las actividades generadoras de la deforestación/degradación 	<p>Además de las de REDD, se requerirá de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - identificación de prácticas de manejo forestal sostenible - metodologías de mejoramiento de las reservas forestales 	<p>Además de las de REDD+ y REDD+ se requerirá de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo de un conjunto de indicadores de seguimiento de los beneficios sociales y ambientales
Costos	Menor de las otras opciones	Intermedio de las otras opciones	Mayor de las otras opciones
Mecanismo financiero	Probablemente se desarrolle por medio de mercados, y tenga mayor disponibilidad de recursos que las otras opciones.	Se podrá desarrollar tanto con mercados como con fondos, y podría tener un tamaño intermedio entre las demás opciones.	Probablemente dependa mayormente de fondos. Aunque pueden existir pequeños mercados gourmet destinados a este tipo de actividades.

Anexo 9. Costo de proyecto de MDL

Etapa del ciclo de proyecto	Rango de costos (USD)	Comentarios
Fase de planificación		
Viabilidad inicial: Nota de Idea de Proyecto (PIN, en inglés)	2,500 – 10,000	Un PIN es un documento inicial, que no es necesario para la aprobación previa de un proyecto, aunque en algunos países si es solicitado como requisito previo; también puede servir para obtener financiamiento para el proyecto por parte de potenciales compradores. Costo interno o de consultoría.
Preparación del Documento de Diseño de Proyecto (PDD)	20,000-60,000	El costo varía según la tecnología utilizada y su complejidad. Costo interno o de consultoría
Desarrollo de metodología (en muy pocos casos)	60,000-90,000	El desarrollo de una nueva metodología únicamente se requiere para algunos casos muy particulares, en que no exista una metodología ya aprobada para el tipo de actividad de proyecto a realizarse (costo de consultoría).
Aprobación del País Anfitrión (DNA)	Sin Costo	Tarifa de la Autoridad Nacional Designada (DNA), así como los costos internos o de consultoría dependiendo del nivel de requisitos para la documentación de la DNA. Algunos países expiden cartas de aprobación (LoA) con una validez limitada a cierta cantidad de años o CER.
Validación (DOE)	13,000-45,000	Tarifa de la Entidad Operacional Designada (DOE). Depende del tamaño del proyecto, del alcance sectorial tecnológico y, potencialmente, de su ubicación.
Registro en la Junta Ejecutiva del MDL	USD 0.10 por CER para el equivalente a las primeras 15,000 toneladas de CO ₂ durante el primer año; USD 0.20 por CER para cualquier CER adicional cuya expedición se solicite en un año dado	La tarifa de registro es el pago por adelantado de la cantidad estimada para la tarifa de expedición por el primer año de proyecto. El porcentaje de ganancias (<i>share of proceeds</i> en inglés) se aplica a los CER anuales promedio esperados durante el periodo de acreditación del proyecto. La tarifa de registro máxima a pagar es de USD 350,000; la cual deberá ser deducida del reparto de ganancias que se deba por la expedición de los CER. Excepciones: No se cobrará el porcentaje de ganancias a actividades de proyecto desarrolladas en Países Menos Adelantados; No se pagará ninguna tarifa de registro después de la fecha de la primera expedición de CER en países con menos de 10 proyectos de MDL registrados; No se deberá pagar ninguna tarifa de registro para las actividades de proyecto del MDL con una reducción de emisiones anual promedio esperada durante el periodo de acreditación por debajo del 15,000 toneladas de CO _{2e} . La tarifa de registro se reembolsará por completo si la DOE retira la solicitud de registro para la actividad de proyecto propuesta previamente a la fecha en la que la Secretaría publique la solicitud de registro en el sitio web de la CMNUCC.

Continuación anexo 9.

Fase de operación		
Monitoreo(DOE)	1,000 – 20,000 anualmente	Depende de la cantidad de parámetros a ser controlados: alta en el caso de proyectos de tratamiento de aguas residuales o forestación; baja para energía renovable. También existen servicios automatizados de monitoreo (incluyendo telemetría) por parte de proveedores especializados.
Verificación(DOE)	5,000 – 18,000	Depende del tamaño del proyecto, del alcance sectorial tecnológico y potencialmente de su ubicación; la primera verificación usualmente es más cara que las subsecuentes de verificación.
Expedición de CER (CMNUCC)	USD 0.15 por CER para los primeros 15,000 CER por verificación; USD 0.20 por CER para cualquier CER adicional.	Tarifa de la CMNUCC. El costo de registro se deducirá de las tarifas de expedición; los niveles actuales de tarifas están disponibles aquí; esto no es aplicable para los proyectos nacionales en Países Menos Adelantados (en América Latina, aplica para Haití).
Tarifa del fondo de Adaptación de la ONU	2% de los CER	
Costo estimado hasta la primera expedición	Entre 50,000 y 150,000 USD, más el costo de registro y expedición	Este es el costo “de riesgo” hasta que se genere el primer flujo de recursos por parte de los CER
Costo estimado para un periodo de acreditación de siete años	Entre 100,000 y 300,000 USD, más el costo de registro y expedición	Con una verificación anual

Anexo 10. Correspondencia personal

Estimada Sylvana Nufio

En relación a su consulta sobre proyectos del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL) de Reforestación en Guatemala; le informo que al MDL si pueden aplicar proyectos de Reforestación, pero a la fecha no se ha recibido solicitud de Carta de Aprobación Nacional para alguna propuesta de proyecto MDL de Reforestación; por lo tanto en Guatemala no se ha realizado ningún proyecto MDL de Reforestación.

Atentamente

Ing. Raúl Castañeda Illescas

Coordinador

Oficina Nacional de Desarrollo Limpio

Ministerio de Ambiente y recursos Naturales

Anexo11. Fotografías de fase de campo y laboratorio

Actualización de mapa de uso de suelo de finca El Cascajal.



Actualización de mapa de uso de suelo de finca El Cascajal.



Medición de diámetro a la altura de pecho (DAP), en parcelas de 500m².



Medición de altura de árboles en parcelas de 500 m².



Continuación anexo 11.

Recolección de hojarasca y medición de peso en campo en la parcela de 1m².



Recolección de maleza y medición de peso en campo en la parcela de 1m².



Recolección de suelo por medio de un cilindro de metal de volumen conocido.



Pesando el material vegetal seco por medio de una balanza analítica.

