



**Dinámica de Cobertura Forestal 2001-2006  
e Inventario de Carbono de la Parcialidad  
Vicentes, San Vicente Buenabaj,  
Momostenango, Totonicapán.**

**Asociación de Forestería Comunitaria de Guatemala Ut'z Che':**

**Coordinación General:**

Víctor López Illescas

**Apoyo Técnico:**

M.A. Selvyn Pérez Ajú

**Universidad del Valle de Guatemala**

**Coordinación General:**

Dra. Doris E. Martínez Melgar

**Integración:**

Licda. Gabriela Alfaro Marroquín

**Inventario de carbono:**

Ing. For. Alma E. Quilo

**Guatemala, 10 de noviembre 2011**

## CONTENIDO

PRESENTACIÓN .....	1
<b>A. DINÁMICA DE LA COBERTURA FORESTAL.....</b>	<b>2</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>2</b>
Contexto Ecológico y Socioeconómico de la Parcialidad Vicentes, .....	2
San Vicente Buenabaj, Momostenango, Totonicapán.....	2
<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>3</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>4</b>
<b>CONCLUSIONES: .....</b>	<b>6</b>
<b>B. MEDICIÓN DE LA FIJACIÓN DE CARBONO DE LA PARCIALIDAD VICENTES, SAN VICENTE BUENABAJ, MOMOSTENANGO, TOTONICAPÁN.....</b>	<b>7</b>
<b>INTRODUCCIÓN:.....</b>	<b>7</b>
<b>METODOLOGÍA: .....</b>	<b>8</b>
<b>Fase se Campo: .....</b>	<b>8</b>
Fase de Laboratorio .....	9
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN: .....</b>	<b>13</b>
<b>CONCLUSIONES: .....</b>	<b>14</b>
<b>RECOMENDACIONES: .....</b>	<b>15</b>
LITERATURA CITADA .....	16
ANEXOS .....	17
<b>ANEXO 1. Resultados de las densidades de carbono (tC/ha) por componente por parcela del inventario forestal realizado en el La Parcialidad Vicentes, San Vicente Buenabaj, Momostenango, Totonicapán. ....</b>	<b>17</b>
<b>ANEXO 2. Gráficas .....</b>	<b>18</b>
<b>ANEXO 3. Fotografías relevantes del trabajo de campo.....</b>	<b>19</b>

## PRESENTACIÓN

En este trabajo se entrega el análisis de dinámica de cobertura forestal 2001-2006 y el resultado del inventario de Carbono de la Parcialidad Vicentes, San Vicente Buenabaj, Totonicapán. Ambos estudios aportan datos para la interpretación de la realidad ambiental del bosque, sugiriendo acciones de manejo puntual para mejorar su salud ecosistémica y asegurar así, la calidad de vida de las poblaciones cercanas al mismo.

Por medio de un esfuerzo interinstitucional en el que participan la Asociación Sotz'il, la Asociación de Forestaría Comunitaria de Guatemala Ut'z Che' y el Centro de Estudios Ambientales y de Biodiversidad de la Universidad del Valle de Guatemala (CEAB-UVG), en este documento se entrega a los socios del proyecto y la Parcialidad Vicentes, lo siguiente:

- A. Análisis de la dinámica de cobertura forestal 2001-2006 y mapa de dinámica del bosque de la Parcialidad Vicentes, San Vicente Buenabaj, Momostenango, Totonicapán.
- B. Medición de carbono en suelo, hojarasca, maleza y biomasa fijado por el bosque de la Parcialidad Vicentes, San Vicente Buenabaj, Momostenango,, Totonicapán.

El trabajo consta de un resumen ejecutivo en el cual se exponen de forma sucinta, los principales resultados del análisis de dinámica de cobertura forestal, así como la medición de Carbono de la Parcialidad. En este resumen se abarcan conclusiones, junto con las principales recomendaciones de manejo propuestas por expertos en el tema.

El trabajo propiamente dicho, detalla la importancia ecológica de ambos análisis, la metodología utilizada para la evaluación, los principales resultados, discusión, conclusiones y recomendaciones para mejorar su manejo. Por último, se incluye la literatura citada y los anexos con los resultados de carbono obtenidos en cada parcela medida.

Estos datos y su análisis fueron presentados y discutidos con funcionarios de la Municipalidad de San Vicente Buenabaj, los vecinos de la Parcialidad Vicentes y técnicos de la Asociación Ut'z Che'.

No queda más para el CEAB-UVG que reiterar su compromiso por apoyar los esfuerzos comunitarios y municipales encaminados a lograr una gestión colectiva y sostenible de los recursos naturales, manifestando su interés por acompañar el proceso y darle seguimiento.

## A. DINÁMICA DE LA COBERTURA FORESTAL

### INTRODUCCIÓN

El deterioro ambiental de las últimas décadas, ha hecho que se dediquen grandes esfuerzos al desarrollo de metodologías encaminadas a monitorear la condición de la cobertura forestal y a entender los procesos involucrados en la dinámica de cambio. Todo esto con el objetivo de detener y controlar el impacto negativo que está causando en el medio ambiente la generación de gases de efecto invernadero, lo que tiene gran influencia en el cambio climático global (CONAFOR, 2011).

Los sensores remotos ofrecen una alternativa para la realización de monitoreo y cuantificación a pequeña y a gran escala de los cambios ocurridos en la cobertura vegetal ocasionados por la actividad humana o bien por eventos naturales. Los índices de vegetación, derivados de los satélites de observación de la tierra, son indicadores de la salud del ecosistema, que nos permiten en forma consistente y eficaz, evaluar el estado de la cubierta vegetal, teniendo así a nuestra disposición una herramienta de comparación espacial y temporal de la condición de la vegetación (CONAFOR, 2011).

Muchas instituciones y programas mundiales, debido a la preocupación por el cambio climático, han generado experiencia en el mapeo de cobertura forestal y el cambio de uso de la tierra, basados en los sensores remotos. Un ejemplo de ello es el laboratorio de Sistemas de Información Geográfica (SIG) del Centro de Estudios Ambientales y Biodiversidad de la Universidad del Valle de Guatemala, quienes han generado a lo largo de varios años, en conjunto con otras instituciones, mapas de dinámica de la cobertura forestal de todo el territorio guatemalteco, con el fin de generar información sobre las tendencias de cambio de la cubierta forestal del país para apoyar un manejo forestal sustentable y garantizar los recursos para futuras generaciones.

### **Contexto Ecológico y Socioeconómico de la Parcialidad Vicentes,**

#### **San Vicente Buenabaj, Momostenango, Totonicapán.**

La Parcialidad Vicentes se encuentra localizada en la Aldea San Vicente Buenabaj del Municipio de Momostenango, departamento de Totonicapán. Es manejada por la Asociación del mismo nombre, la cual es una entidad privada sin fines de lucro, de naturaleza de índole social y cultural. La parcialidad es una entidad jurídica ajena a actividades políticas, religiosas y sus fines y objetivos son: Procurar el mejoramiento social, cultural, económico educacional, de salud y otros beneficios para los asociados; realizar proyectos de reforestación, protección de bosques y de los recursos renovables, de conformidad con los principios de conservación de la ecología y muy principalmente las fuentes naturales de agua.

La parcialidad actualmente cuenta con 6000 personas afiliadas siendo de ellas 3300 mujeres y 2700 hombres socios activos. El área total de la parcialidad se estima en 1,778.48 Hectáreas, divididas de la

siguiente manera: bosque natural 425 has, plantaciones forestales 65.48 has, área de pastos 200 has, área de bosque de producción con de 320 has, y área desprovista de cobertura forestal. [http://www.utzchecomunitaria.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=75&Itemid=29&lang=es](http://www.utzchecomunitaria.org/index.php?option=com_content&view=article&id=75&Itemid=29&lang=es)

El bosque pertenece a la zona de vida Bosque Muy Húmedo Montano Bajo Subtropical, con una precipitación anual promedio de 1,000 a 1,200 mm. Cuenta con una temperatura promedio entre 10°C y 12°C. y una altura entre 2,900msnm y 3,200 msnm. Sus suelos son Andisoles con textura franco arcillosa, fino y con buen drenaje (IGN, 2000).

El municipio de Momostenango, Totonicapán, cuenta con 87,340 habitantes según el XI Censo Nacional de Población (INE, 2003). De ellos, el 99% son indígenas de la comunidad lingüística K'iche'. El municipio tiene un área estimada de 305 Km<sup>2</sup>, lo que arroja una densidad poblacional de 286 habitantes / Km<sup>2</sup> (IGN, 2000). Entre las principales actividades económicas destacan la agricultura de duraznos, peras, nueces, granadillas, manzanas, limas, naranjas. La principal industria es la fabricación de frazadas o ponchos de lana, existiendo también telares en que se elaboran tejidos de algodón, seda y lana (IGN, 2000). De acuerdo al Informe de Desarrollo Humano (PNUD, 2005) Momostenango reporta una pobreza total de 81.2%, mientras la pobreza extrema es de 30.2%. El 70% de la población habita en área rural y el Índice de Desarrollo Humano Municipal se ubica en 0.485, lo que implica desarrollo humano medio bajo.

## METODOLOGÍA

Para determinar cómo ha cambiado el bosque a lo largo del tiempo (dinámica de cobertura forestal), se utilizan imágenes satelitales de diferentes años. Las imágenes de años recientes se superponen en imágenes de años anteriores y se comparan para descubrir dónde se ha ganado bosque, dónde se ha perdido y dónde ha permanecido la misma cantidad de bosque dentro del área de estudio. Para analizar la dinámica de cobertura forestal de la Parcialidad, se utilizaron imágenes a una escala 1:250000, comparando los años 2001 y 2006.

Las imágenes utilizadas fueron obtenidas por los satélites LANDSAT 5 y 7. Estos satélites proporcionan ortofotos (fotografías aéreas) con una resolución degradada de 1m X 1m lo que permite muy buen nivel de detalle para identificar los cambios de bosque.

El mapa de la dinámica de cobertura forestal de la Parcialidad Vicentes, Totonicapán, fue generado por el Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica y Sensores Remotos del Centro de Estudios Ambientales y de Biodiversidad de la Universidad del Valle de Guatemala. Se tomó como referencia el Mapa de Dinámica de Cobertura Forestal de Guatemala 2001-2006 (UVG-CONAP-INAB-IARNA, 2010), pero corrigiendo el nivel de detalle para ser lo más certeros posibles para ajustar la escala nacional a un polígono relativamente pequeño como la Parcialidad.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según los valores de dinámica forestal obtenidos en este estudio se reporta que la Parcialidad Vicentes, Totonicapán, cuenta con área total de 802.35 ha, de las cuales 48% tienen bosque. En la Figura 1, Mapa de Ubicación, Parcelas y Dinámica de Cobertura Forestal 2001-2006 de la Parcialidad Vicentes, Totonicapán, se puede observar la ganancia (en anaranjado) que ha tenido el bosque del 2001 al 2006. Esto significa que en el año 2001 estos parches no tenían bosque, por lo que es probable que el bosque se haya regenerado o bien que se hayan realizado reforestaciones planificadas en esas áreas.

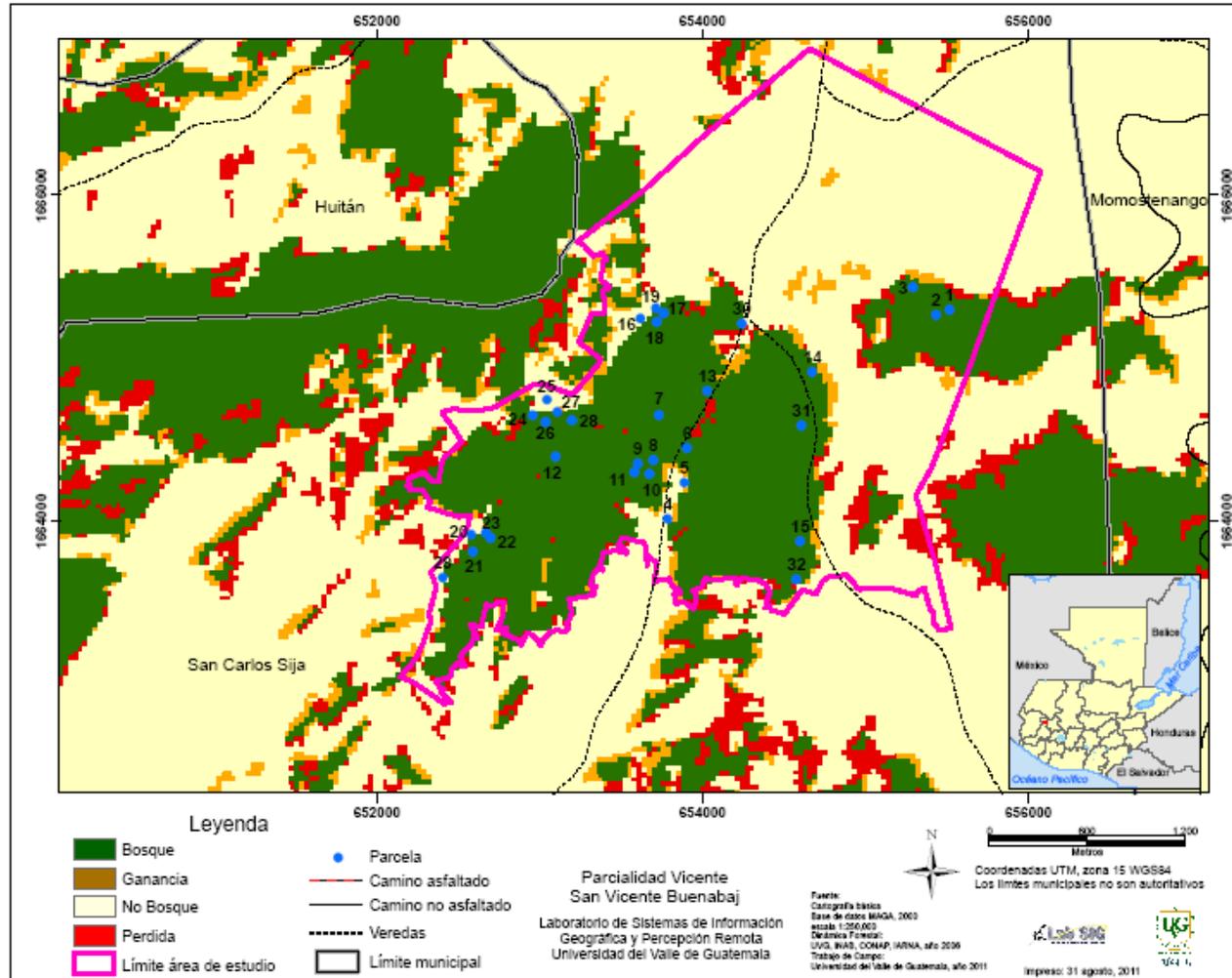
Como se observa en el Cuadro 1 a lo largo de esos cinco años, la Parcialidad ganó 28.53 ha de bosque. Sin embargo, también se perdieron 26.82 ha en otras áreas, las cuales pueden observarse de color rojo en la Figura 1. Esta pérdida podría deberse a tala de árboles para el cambio en el uso del suelo o bien para uso de madera o leña.

Si a la ganancia de bosque regenerado se le resta la pérdida del bosque deforestado, obtenemos la ganancia neta del bosque de la parcialidad, que fue apenas de 1.71 ha. Esto representa un porcentaje muy bajo, siendo de 0.2% de área boscosa recuperada al 2006.

**Cuadro 1. Valores de la Dinámica de la Cobertura Forestal 2001-2006, Parcialidad Vicentes, San Vicente Buenabaj, Momostenango, Totonicapán.**

	<b>BOSQUE</b>	<b>SIN BOSQUE</b>	<b>GANANCIA</b>	<b>PÉRDIDA</b>	<b>Ganancia neta</b>
<b>Área (ha)</b>	354.15	392.85	28.53	26.82	1.71
<b>Porcentajes (%)</b>	44	49	3.8	3.6	0.2

**Figura 1: Ubicación, parcelas de muestreo de Carbono y Dinámica de Cobertura Forestal 2001-2006 de la Parcialidad Vicentes, San Vicente Buenabaj, Momostenango, Totonicapán.**



En el Cuadro 2 podemos observar que en el año 2006 el bosque abarcaba 382 ha, lo que representa el 48% del total del área de la Parcialidad, mientras que el 52% (105.6 ha) se encuentra deforestado. Esto evidencia que existe o ha existido extracción de madera, leña o cambio de uso de suelo, lo que ha dejado a más de la mitad del bosque sin árboles.

**Cuadro 2. Cobertura boscosa y no bosque de la Parcialidad Vicentes, San Vicente Buenabaj, Momostenango,, Totonicapán, en el año 2006.**

	Total Bosque	Total sin bosque
Área (ha)	382.68	419.67
Porcentajes (%)	48	52
Area Total (ha)	802.35	

## CONCLUSIONES:

1. La Parcialidad Vicentes, San Vicente Buenabaj, Momostenango, presenta un área total de 802.35 ha, de las cuales, para el año 2006, el 48% presentaba cobertura boscosa y el resto (52%) no presenta bosque.
2. En la dinámica forestal del 2001 al 2006, de la parcialidad se obtuvo una ganancia de 4% y una pérdida de 3%, dando como resultado una ganancia neta de tan solo 0.2%.
3. La falta de cobertura boscosa en más de la mitad del bosque, denota el uso excesivo de extracción de madera que se le ha dado la Parcialidad Vicentes, Totonicapán.

## **B. MEDICIÓN DE LA FIJACIÓN DE CARBONO DE LA PARCIALIDAD VICENTES, SAN VICENTE BUENABAJ, MOMOSTENANGO, TOTONICAPÁN**

### **INTRODUCCIÓN:**

El Carbono (C) es uno de los principales componentes de los gases de efecto invernadero, como el Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), por lo que está altamente relacionado con el cambio climático (Brown 2004). Los bosques juegan un papel muy importante en el ciclo del carbono ya que los árboles, arbustos y vegetación menor, utilizan en su respiración el CO<sub>2</sub>, liberando O<sub>2</sub> y almacenando el Carbono tanto dentro de ellos como en el suelo mismo, siendo por esta razón excelentes sumideros de Carbono atmosférico. Sin embargo, cuando los bosques son perturbados (naturalmente o no) y sufren transformaciones tras incendios, malas prácticas forestales, avance de la frontera agrícola, entre otras, pueden liberar todo el carbono almacenado durante siglos, convirtiéndose en fuente de Carbono atmosférico que contribuye al efecto invernadero y cambio climático.

A nivel mundial y también en Guatemala, hacen falta inventarios forestales para determinar la cantidad de carbono almacenado en los bosques. Por ello, en este proyecto se estableció como una prioridad llevar a cabo el inventario forestal y la medición del carbono almacenado en bosques comunales-municipales de interés, como La Parcialidad Vicentes, San Vicente Buenabaj, Momostenango, Totonicapán. Al conocer la cantidad de Carbono almacenado por un bosque, se tiene una importante herramienta de decisión para considerar participar o no en el mercado internacional de Carbono promovido por el Protocolo de Kyoto para la mitigación del cambio climático.

En este mercado de carbono, las comunidades o municipalidades pueden participar “vendiendo” el carbono fijado por sus bosques. Esto significa que pueden recibir dinero de alguna empresa o Estado extranjero para proteger, cuidar y reforestar el bosque a largo plazo. Así se obtiene no sólo un beneficio económico, si no también se aseguran otros servicios prestados por el bosque, como agua, turismo, recreación, etc.

Todos estos beneficios no se pueden obtener si las comunidades y municipalidad no saben cuánto carbono almacena su bosque. Por ello es de gran importancia la realización de inventarios de carbono, creando líneas base que nos ayudarán al momento de tomar acciones, con el único fin de mejorar la captación de carbono mediante buenas prácticas agrícolas y forestales (reforestación, tala controlada, buen manejo del suelo, etc).

Gracias a los numerosos estudios de captación de Carbono que se han realizado en el Centro de Estudios Ambientales y de Biodiversidad de la Universidad del Valle de Guatemala –CEAB- se ha adquirido muy buena experiencia en la medición de carbono almacenado en todos los componentes del bosque, incluido el suelo, ya que es uno de los reservorios más importante de carbono.

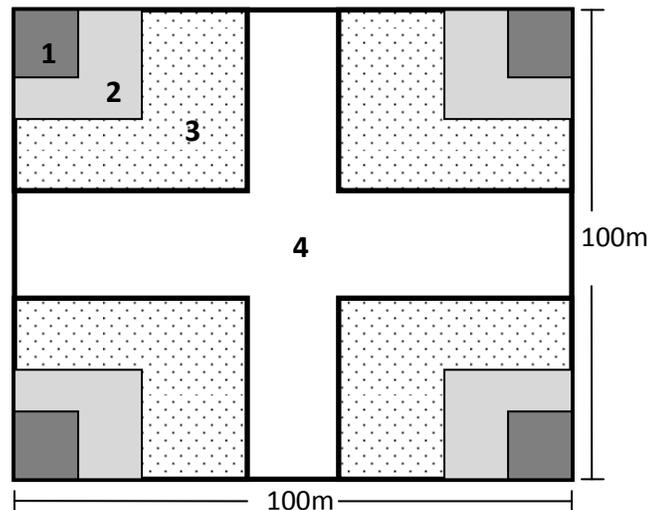
## METODOLOGÍA:

### Fase se Campo:

#### *Diseño de Muestreo*

Se realizaron 32 parcelas al azar de una hectárea (100m x 100m). Para el tamaño y tipo de bosque de la Parcialidad Vicentes, éste número de parcelas arroja resultados representativos. Dentro de cada parcela de una hectárea se subdividió el espacio en cuatro sub-parcelas de 32m X 32m con su correspondiente corrección de pendiente. Cada sub-parcela se dividió, como se observa en la Figura 2 y en el Cuadro 3, en dos sub-parcelas, en cada una de las cuales se evaluó un componente diferente. Estas parcelas fueron las mismas utilizadas en la evaluación florística del bosque.

**Figura 2. Diseño de las parcelas de muestreo utilizadas para la medición de Carbono de la Parcialidad Vicentes, San Vicente Buenabaj, Momostenango, Totonicapán.**



**Cuadro 3. Área y descripción de los componentes evaluados en cada una de las sub-parcelas.**

Subparcela	Dimensión (m) / Área (m <sup>2</sup> )	Componentes evaluados
1	1m x 1m = 1m <sup>2</sup>	Maleza, Hojarasca y Suelo
2	5m x 5m = 25m <sup>2</sup>	Arbustos y Árboles jóvenes. DAP = 2.5cm - 9.9cm
3	32m x 32m = 1,024m <sup>2</sup>	Arboles, DAP = 10cm – 59.9cm
4	100m x 100m = 10,000m <sup>2</sup>	Arboles, DAP > 60cm

\*DAP: diámetro a la altura del pecho (1.30m)

## **Estimación de Biomasa**

El objetivo principal de hacer este tipo de inventario es estimar el peso (biomasa en Kg) de toda la cobertura vegetal que encontramos en un bosque. Este dato sirve para calcular el Carbono contenido en el sistema evaluado (forestal, agroforestal, cultivos anuales, etc). Para facilitar la medición, la biomasa se clasifica en los siguientes grupos:

### *a. Biomasa en maleza y hojarasca*

La biomasa de estos componentes se evalúa en la sub-parcela 1, de un metro cuadrado (Ver Figura 1), se recoge toda la maleza (Ver Anexo 3, Fotografía 1) y hojarasca encontrada y se pesa, obteniéndose así el peso total húmedo. De esta muestra total se saca una sub-muestra, la cual es pesada y empacada para la posterior determinación de materia seca en el laboratorio.

### *b. Biomasa en arbustos, arboles jóvenes y adultos*

El componente arbóreo se clasifica según el Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) de cada individuo. Se les denomina arbustos o árboles jóvenes a los individuos con DAP entre 2.5 cm y 9.9 cm, y árboles a aquellos con DAP mayor a 10 cm. Para la medición de biomasa se toma el DAP (Anexo 3, Fotografía 2), la altura y la especie o nombre común, de cada individuo medido dentro de la parcela. Estas variables se introducen en ecuaciones de biomasa ya existente que nos dan el valor de la biomasa por parcela ( $\text{Kg/m}^2$ ) para así convertirla en densidad de carbono ( $\text{tC/ha}$ ).

### *c. Biomasa en el Suelo*

La muestra de suelo se toma dentro de la sub-parcela de  $1\text{m}^2$ , utilizando un cilindro de volumen conocido. Para tomar la muestra es necesario limpiar el área de materia orgánica, maleza y hojarasca hasta exponer el suelo. El cilindro debe ser introducido hasta el fondo y sacarlo lleno de suelo en su totalidad, si por las condiciones del lugar, no fuera posible llenar bien el cilindro debe de buscarse otro sitio que lo permita.

## **Fase de Laboratorio**

### ***Análisis de Muestras Vegetales y Carbono Orgánico en el Suelo***

#### ***Estimación de Biomasa Seca***

##### *a. Materia seca, Biomasa y Carbono estimado para Maleza y Hojarasca:*

Para poder determinar la materia seca es necesario conocer el “peso húmedo” y el “peso seco” de las muestras. El peso húmedo se recomienda sacarlo en campo. Para poder determinar el peso seco de los componentes vegetales (maleza y hojarasca) es necesario

eliminar toda el agua que contienen. Por esta razón, una vez en el laboratorio, las muestras se colocan dentro de bolsas de papel en un horno de convección entre 50°C y 60°C. Se pesan diariamente hasta que alcancen un peso constante. Este peso ya estable se mide como peso seco. Contando con el peso húmedo y seco de las muestras vegetales, el porcentaje de materia seca se conoce por medio del cociente que representa la siguiente ecuación:

$$MS=PS/PH$$

(Ecuación 1)

Donde: MS = materia seca de la muestra ; PS = Peso seco de la muestra (g);  
PH = Peso húmedo de la muestra (g).

La conversión del peso húmedo de campo a biomasa total se realiza mediante la siguiente ecuación:

$$BT = PHc \times MS$$

(Ecuación. 2)

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

A partir del cálculo de la biomasa seca para la sub-parcela de un 1 m<sup>2</sup> se puede estimar el carbono y posteriormente, éste se traduce a toneladas de carbono por hectárea (ton C / ha), cantidad conocida como la “densidad de carbono”.

Para realizar la conversión de biomasa a carbono se ha aplicado el factor de 0,5 (IPCC Guidebook, 2006).

$$\text{Ton C/Ha} = (\text{kg biomasa} * 0.5/1000) / \text{área parcela (ha)}$$

(Ecuación 3)

Con el fin de obtener el contenido total de carbono capturado por estos componentes (maleza y hojarasca) en la superficie total del bosque:

$$CT_{m-h} = \text{Densidad de carbono} * \text{área de cob. Forestal total del Bosque}$$

(Ecuación 4)

El resultado de la ecuación 4 es conocido como Carbono Total en la maleza y/o hojarasca (CT<sub>m-h</sub>).

*Densidad de Carbono y contenido total de carbono en los árboles.*

Para estimar la biomasa seca de los arbustos, árboles jóvenes y adultos, se ha utilizado una combinación de ecuaciones de biomasa ya existentes. Algunas pueden ser de carácter genérico internacional o generadas en el país para especies locales. Para este proyecto se utilizaron ecuaciones de biomasa genéricas internacionales, una para las especies coníferas y otra para las latifoliadas, las cuales pueden observarse en el Cuadro 4:

**Cuadro 4. Ecuaciones de biomasa aplicadas en arbustos, arboles jóvenes y adultos recolectados en el inventario forestal.**

Especie	Ecuación de Biomasa	Fuente
Coníferas	$Y = \text{EXP}(-2.5356 + 2.4349 * \text{Ln}(\text{DAP}))$	Jenkins, 2003
Latifoliadas	$Y = 0.2035 * \text{DAP}^{2.3196}$	Pearson, et al., 2005

*b. Carbono en el Suelo*

Para obtener el porcentaje de Carbono Orgánico en el suelo, las muestras se procesan de la siguiente forma:

1. La muestra de suelo se seca al aire hasta que se encuentra totalmente seca.
2. El suelo seco se pasa a través de un tamiz No 10 con el fin de remover todas las rocas, debido a que es conocido que en las rocas no hay Carbono almacenado.
3. Una vez removidas las rocas se toma el peso del suelo, a lo cual se le denomina “suelo fino”.
4. Se toman aproximadamente 5 gramos de “suelo fino”. Se muele y se pasa por un tamiz No 100.
5. De los 5 gramos se toma 1 gramo al cual se le determina el porcentaje de humedad.
6. De los restantes 4 gramos se toman entre 25 y 30 miligramos para procesarlos en el aparato Analizador de Carbono FLASH-EA 1112, único en la región centroamericana. Con este instrumento se logró reducir los desechos en el suelo mejorando la precisión de los resultados (Castellanos *et al.* 2010).

Para obtener la cantidad total de carbono en el suelo del bosque evaluado, es necesario realizar algunos cálculos. Conociendo el volumen del cilindro con el que se tomó la muestra y el peso del “suelo fino” obtenido previamente, es posible determinar la densidad aparente del suelo, utilizando la siguiente ecuación:

$$\mathbf{D.ap. = PSf / Vol}$$

(Ecuación 5)

Donde: D.ap. = Densidad aparente del suelo ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ); PSf = Peso seco de la fracción fina (g);  
Vol = Volumen del cilindro (cc).

Además es necesario calcular la densidad de carbono en el suelo, para lo cual se utiliza la ecuación 6:

$$\mathbf{Cs = Prof. \times D.ap. \times \%C.O.}$$

(Ecuación 6)

Donde: Cs = Densidad de Carbono en los primeros 10 cm de suelo (tonC/ha)); Prof=Profundidad del muestreo (cm); D.ap.= Densidad aparente ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ); %C.O. = Contenido porcentual de carbono orgánico en el suelo.

Una vez que tengamos la densidad de carbono por parcela, se calcula el promedio por bosque y este se multiplica por el área total del bosque.

$$\mathbf{CTs = Cs \times \text{Area total del bosque}}$$

(Ecuación 7)

Donde: CTs = Carbono Total en el suelo del bosque;  
Cs = Total de carbono en los primeros 10 cm del suelo (Ton C/ ha);

### c. *Cálculo del carbono total contenido en un bosque*

La cantidad total del carbono contenido en un bosque, es la sumatoria de los componentes, como se aprecia en la ecuación 8.

$$\mathbf{CTb = CTm + CTh + CTa + CTs}$$

(Ecuación 8)

Dónde: CTb = Carbono total en el bosque (toneladas); CTm = Carbono total en la maleza;  
CTh = Carbono total en la hojarasca; CTa = Carbono total en los árboles; CTs = Carbono total en el suelo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

En el bosque de la Parcialidad Vicentes, San Vicente Buenabaj, Momostenango, se realizaron en total 32 parcelas, sin embargo, debido al alto costo del análisis de Carbono en suelo y a la limitación presupuestaria del proyecto, sólo fue posible el análisis de suelo en 20 de estas parcelas.

La cantidad de toneladas almacenadas por un bosque está en su mayoría relacionada con la densidad de arboles, su respectivo tamaño y especie. Por lo tanto, estas 3 variables serán nuestra principal directriz para la discusión.

Según los resultados obtenidos, podemos decir que el Bosque de la Parcialidad Vicentes es un bosque “mixto”, con un 57% de latifoliadas y 43% de coníferas, las cuales están representadas, en muchos casos, por pinabete (*Abies guatemalensis*), especie endémica de Guatemala. En el Anexo 2, Gráfica 1, podemos apreciar la distribución diamétrica (el ancho de los árboles), lo cual nos da una idea sobre la edad y la dinámica del bosque.

La Parcialidad posee un bosque secundario, ya que en él se encuentran gran cantidad de árboles con DAP's entre 10 y 40cm, diámetros pequeños que indican que el bosque es joven, en crecimiento o recuperación. Es importante resaltar que los árboles con DAP arriba de 40cm en su mayoría son coníferas, principalmente pinabetes y pinos, importantes en prácticas de extracción maderera, sin embargo, gracias a la organización comunitaria y a las reglas definidas e implementadas para el uso del recurso forestal de la Parcialidad, han logrado la preservación de estas especies. El comité forestal de la Parcialidad Vicentes y la comunidad en general ven el bosque como un recurso indispensable no solo para proveer leña y madera a la comunidad haciéndolo de una manera sostenible, sino que también para conservar las fuentes de agua, considerándola como vital para la vida.

En el Cuadro 5 y la Gráfica 2 del Anexo 2, se observa que los componentes que más aportan a la densidad de Carbono en la Parcialidad Vicentes son los árboles (63%) y el suelo (24%). Otro componente que contribuyó al almacenamiento de Carbono en el bosque, con un porcentaje relativamente alto, fue la hojarasca (11%), esto es importante de mencionar ya que quiere decir que la hojarasca no está siendo explotada para la venta, acumulándose de esta forma gran cantidad de materia orgánica en la superficie del suelo, contribuyendo además a la buena calidad del mismo. El componente arbustos fue el que menos aportó a la fijación de Carbono (0.02 tC/ha). Esto no quiere decir que no existe sotobosque, si no que los arbustos encontrados en las parcelas muestreadas, tenían diámetros menores a 2.5cm. Estos diámetros no son tomados en cuenta en la medición. En promedio, la Parcialidad Vicentes almacena 221.6 tC/ha, con un porcentaje de error de 32%.

**Cuadro No 5. Promedio del contenido de Carbono en 24 parcelas muestreadas en La Parcialidad Vicentes, San Vicente Buenabaj, Momostenango, Totonicapán.**

	Arboles	Arbustos	Maleza	Hojarasca	Suelo	TOTAL
Promedio (tC/ha)	140.4	0.02	4	24.6	52.5	221.6
% Error	31	0	2	6	13	32

Con el promedio de la densidad de carbono total (221.6tC/ha) de la Parcialidad Vicentes y tomando en cuenta solamente el número de hectáreas que según el mapa de dinámica poseen cobertura forestal (382.68), el bosque resguarda **aproximadamente 84,801.9 toneladas de carbono**.

Dentro de un inventario forestal común, el porcentaje de error de muestreo aceptable es de 15%, la Parcialidad Vicentes presenta un porcentaje de error de 32%. Esto puede corregirse fácilmente si se realizan más parcelas, en este estudio no se realizó mayor cantidad de parcelas debido a los altos costos de análisis laboratorio.

Mientras menor sea el porcentaje de error de muestreo, mayor confiabilidad se tiene en los resultados. Esta certeza es muy importante para la negociación de venta de Carbono, ya sea por medio del mercado regulado o voluntario, en donde el comprador debe de conocer al mayor detalle posible, el producto a comprar (fijación/reducción de emisiones). Por su parte, el proveedor de los servicios debe conocer las responsabilidades y compromisos adquiridos para alcanzar los objetivos de un proyecto de mitigación al cambio climático que pudiese surgir.

Los resultados acá expresados, por el alto margen de error, inevitable por los pocos fondos disponibles, son muy útiles para una primera evaluación de la opción de venta de carbono. Si se decide realizarlo, se pueden agregar algunas parcelas a los resultados ya obtenidos, y de esta forma reducir el margen de error y tener una confiabilidad aceptada internacionalmente en las negociaciones.

## CONCLUSIONES:

1. La Parcialidad Vicentes, San Vicente Buenabaj, Momostenango, Totonicapán, cuenta con un bosque secundario mixto (57% de latifoliadas y 43% de coníferas).
2. La presencia de pinabetes (*Abies guatemalensis*), especie endémica de Guatemala es de gran importancia para promover la conservación del bosque de la Parcialidad Vicentes.

3. El promedio estimado de la densidad de carbono capturado en el bosque de la Parcialidad Vicente, San Vicente Buenabaj, Momostenango, Totonicapán, es de 221.6 tC/Ha, acumulando un aproximado de **84,801.9 toneladas de carbono**, en base a las 382.68 ha de bosque reportadas para el año 2006.
4. Los componentes que más aportan en la captura de Carbono del bosque de la Parcialidad Vicente fueron los árboles y el suelo, con 63% y 24% respectivamente, siguiéndole la hojarasca con 11%.

## RECOMENDACIONES:

1. Crear campañas de sensibilización con enfoque al uso sostenible de los recursos naturales.
2. Establecer o activar las reglas y sanciones determinadas por la comunidad para el manejo del bosque.
3. Mejorar la organización por parte de los comités forestales y las municipalidades para lograr elaborar y ejecutar propuestas que lleguen a cubrir las necesidades para conservar el bosque.
4. Capacitar a los técnicos forestales comunitarios y municipales para que puedan monitorear el inventario de carbono, para poder cumplir con responsabilidades establecidas por posibles proyectos que deseen compensar los servicios ambientales.
5. Generar ecuaciones de biomasa a nivel local, utilizando los árboles tumbados con fines de aprovechamiento de madera.
6. Realizar planes de manejo para la restauración, reforestación, aprovechamiento de los bosques, con el fin de lograr un manejo sostenible, que conlleve a la conservación de los recursos naturales.
7. Para mejorar los niveles de almacenamiento de Carbono es importante el manejo de la erosión del suelo por medio de prácticas de conservación y la reducción de la deforestación estableciendo reglas de uso para alcanzar un manejo sostenible y control sobre las áreas boscosas. Esto es importante, no solo para lograr mantener el stock de carbono, sino que también para proporcionar a las poblaciones cercanas y lejanas los servicios ambientales que se obtienen de estos sistemas.

## LITERATURA CITADA

- Asociación de Forestería Comunitaria de Guatemala Ut'z Che'.** Consulta 10 de noviembre 2011, 14:00.  
[http://www.utzchecomunitaria.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=75&Itemid=29&lang=es](http://www.utzchecomunitaria.org/index.php?option=com_content&view=article&id=75&Itemid=29&lang=es)
- Brown, S.** 2004 "Los bosques y el cambio climático: el papel de los terrenos forestales como sumideros de Carbono". US Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Western Ecology Division, 200 SW 35th Street, Corvallis, OR 97333, EUA
- Castellanos, E., A. Quilo, R. Montenegro y S. Quemé.** 2008 "Estimación del contenido de carbono en bosques del altiplano occidental de Guatemala (Fase III)" Centro de Estudios Ambientales – Universidad del Valle de Guatemala en colaboración con: CARE
- Castellanos, E., A. Quilo y R. Mato.** 2010. Metodología para la Estimación del Contenido de Carbono en Bosques y Sistemas Agroforestales en Guatemala. Centro de Estudios Ambientales y de Biodiversidad (CEAB-UVG)- CARE. Guatemala.
- CEAB-UVG-TNC.** 2010. Diagnóstico Ecológico y Socioeconómico de Altiplano Central de Guatemala (Por publicar).
- CONAFOR.** 2011. Sistema Nacional Forestal de México. Monitoreo Forestal de México.
- Instituto Geográfico Nacional.** 2000. Diccionario Geográfico Nacional. Guatemala. 3339pp.
- Instituto Nacional de Estadística.** 2003. Censos Nacionales XI de Población y VI de Habitación. Guatemala. 271pp.
- Jenkins, J., D. Chojnacky, L. Heath y R. Birdsey.** 2003. National-scale biomass estimators for United States tree species. *Forest Science*. 49(1): 12-35.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).** 2005. Informe Nacional de Desarrollo Humano. Guatemala. 217 pp.
- UVG-CONAP-INAB-IARNA.** 2010. Mapa de Cobertura Forestal de Guatemala 2006 y Dinámica de la Cobertura Forestal 2001-2006. Guatemala.

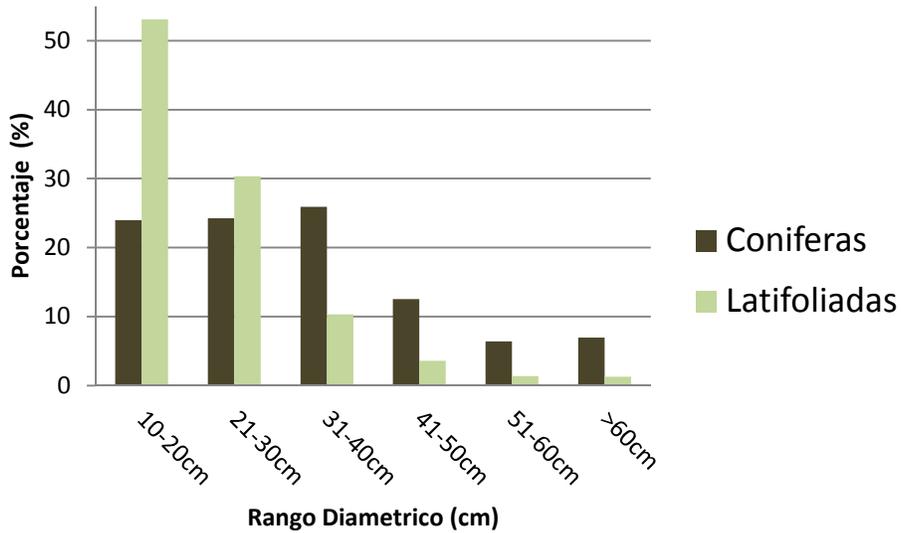
## ANEXOS

**ANEXO 1.** Resultados de las densidades de carbono (tC/ha) por componente por parcela del inventario forestal realizado en el La Parcialidad Vicentes, San Vicente Buenabaj, Momostenango, Totonicapán.

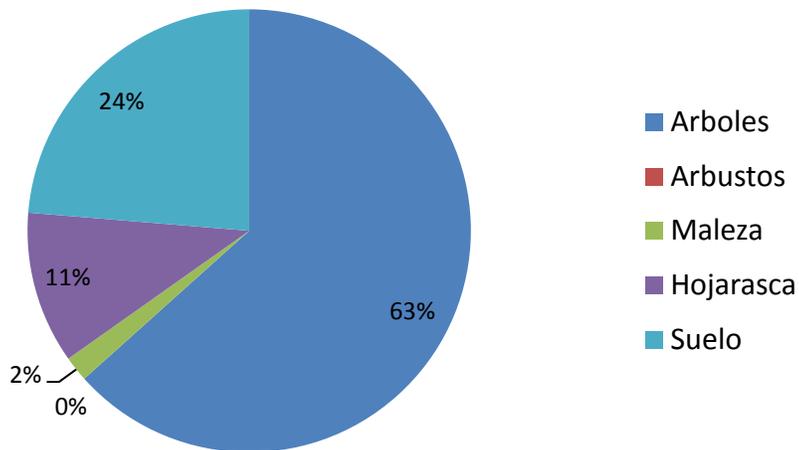
No.	ID	tC/ha					TOTAL
		Arboles	Arbustos	Maleza	Hojarasca	Suelo	
1	Vi-1	130.08	0.00	7.60	28.83	42.32	208.83
2	Vi-2	325.81	0.05	11.54	47.21	60.40	445.02
3	Vi-3	54.10	0.06	4.62	34.21	83.69	176.68
4	Vi-4	127.06	0.00	20.00	23.09	/	170.14
5	Vi-5	144.72	0.00	5.51	31.09	40.54	221.87
6	Vi-6	188.51	0.01	8.10	37.26	8.08	241.97
7	Vi-10	152.87	0.19	0.00	0.00	/	153.06
8	Vi-15A	80.58	0.00	1.97	34.20	56.26	173.01
9	Vi-15B	167.22	0.00	2.55	25.87	65.09	260.73
10	Vi-15C	148.47	0.00	1.74	16.94	51.68	218.83
11	Vi-15D	170.03	0.00	/	/	/	210.21
12	Vi-16	168.68	0.00	2.68	37.50	/	230.61
13	Vi-17	144.71	0.00	1.79	60.14	47.35	237.27
14	Vi-18	57.29	0.00	11.89	33.32	/	94.49
15	Vi-19	113.91	0.00	3.27	33.93	/	131.78
16	Vi-20A	<b>3.11</b>	0.33	5.65	12.22	98.27	126.35
17	Vi-20B	134.52	0.00	3.14	21.50	/	317.84
18	Vi-20C	102.67	0.00	3.50	29.65	/	240.51
19	Vi-20D	58.52	0.00	1.31	39.58	96.95	185.35
20	Vi-25A	108.51	0.00	2.04	27.84	64.01	193.32
21	Vi-25B	154.23	0.00	3.47	17.33	48.28	226.40
22	Vi-25C	117.81	0.00	0.64	23.26	/	179.79
23	Vi-25D	135.47	0.00	2.50	27.33	32.15	228.52
24	Vi-30A	156.73	0.00	2.64	19.40	71.01	220.62
25	Vi-30B	28.20	0.01	2.02	36.67	25.20	87.09
26	Vi-30C	171.65	0.00	0.00	0.00	/	204.83
27	Vi-30D	<b>409.28</b>	0.00	4.11	29.08	58.87	468.16
28	Vi-31	132.51	0.00	0.00	0.00	/	146.56
29	Vi-32	224.58	0.00	1.95	12.10	54.23	278.82
30	Vi-33	142.73	0.05	0.00	0.00	/	210.28
31	Vi-34	105.75	0.00	10.31	23.85	33.34	117.68
32	Vi-35	130.78	0.00	0.00	0.00	11.93	142.72
	<b>Promedio</b>	<b>140.35</b>	<b>0.02</b>	<b>4.08</b>	<b>24.63</b>	<b>52.48</b>	<b>206.22</b>
	<b>% Error</b>	<b>30.62</b>	<b>0.00</b>	<b>1.8</b>	<b>5.98</b>	<b>12.74</b>	<b>32.32</b>

**ANEXO 2. Gráficas**

**Gráfica 1. Distribución diamétrica según especie para el componente arbóreo del Bosque de la Parcialidad Vicentes, San Vicente Buenabaj, Momostenango, Totonicapán.**



**Grafica 2. Representatividad promedio (%) de cada uno de los componentes que contribuyen a resguardar el carbono capturado en La Parcialidad Vicentes, San Vicente Buenabaj, Momostenango, Totonicapán.**



### ANEXO 3. Fotografías relevantes del trabajo de campo

**Fotografía 1: Medición de biomasa de maleza.**



**AQuilo, 2011**

**Fotografía 2: Medición de DAP**



**AQuilo, 2011**

**Fotografía 3: Delimitación de la Parcela**



**AQuilo, 2011**