



Por un Desarrollo  
Agrario Integral  
y Sostenible

**Universidad Nacional Agraria**  
**Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente**

**Trabajo de Graduación**

**Almacenamiento de Carbono en dos  
parcelas permanentes de muestreo del  
Refugio de Vida Silvestre Río  
Escalante Chacocente, 2016**

**Autora**

**Br. Luby Esther Rodríguez Guido**

**Asesora**

**MSc. Jael Bildad Cruz Castillo**

**Managua, Nicaragua**

**Junio, 2019**



**Universidad Nacional Agraria**  
**Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente**

**Trabajo de Graduación**

**Almacenamiento de Carbono en dos  
parcelas permanentes de muestreo del  
Refugio de Vida Silvestre Río  
Escalante Chacocente, 2016**

**Autora**

**Br. Luby Esther Rodríguez Guido**

**Asesora**

**MSc. Jael Bildad Cruz Castillo**

**Managua, Nicaragua**

**Junio, 2019**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
<b>DEDICATORIA</b>	i
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	ii
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	iii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	iv
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>	v
<b>RESUMEN</b>	vi
<b>ABSTRACT</b>	vii
<b>I INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II OBJETIVOS</b>	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos	3
<b>III MATERIALES Y METODOS</b>	4
3.1. Ubicación del área de estudio	4
3.2. Proceso metodológico	6
3.2.1. Etapa 1: Planificación	6
3.2.2. Etapa 2: Proceso de campo	7
3.2.3. Etapa 3: Procesamiento y análisis de datos	9
<b>IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	11
4.1. Especies arbóreas encontradas en dos parcelas permanentes de muestreo	11
4.2. Estimación de Biomasa aérea total en dos parcelas permanentes de muestreo	13
4.3. Carbono almacenado en dos parcelas permanentes de muestreo	14
<b>V CONCLUSIONES</b>	16
<b>VI RECOMENDACIONES</b>	17
<b>VII BIBLIOGRAFÍA</b>	18
<b>VIII ANEXOS</b>	21

## **DEDICATORIA**

A Dios Padre Celestial creador de todo lo existente por darme fuerzas en momentos más difíciles.

A mi Madre Alejandra Haydee Guido por el sacrificio, amor incondicional, tiempo que ha dedicado desde mis primeros pasos hasta la actualidad y a mi padre Genaro Rodríguez Espinoza.

A mi abuelita Feliciano Margarita Guido Narváez por su gran amor incondicional.

A mis Hermanos Eddy Antonio Rodríguez Guido, Aracely del Carmen Guido, Luis Manuel Rodríguez Guido, Fernando Raúl Rodríguez Guido, Milton Antonio Rodríguez Ruíz, Eduardo José Rodríguez Guido, Genaro José Rodríguez Ruiz, por los momentos de alegría que hemos vividos juntos.

En especial a mis hermanos Eddy Antonio Rodríguez Guido por su apoyo económico, Milton Antonio Rodríguez Ruiz por la logística desde el inicio de mi carrera y María Dolores Rodríguez Ruiz ya que siempre está en el momento que la necesito.

A mis cuñadas Maritza del Socorro Canales y Aracely Joseph Rivera. Mis sobrinos Rodríguez Mena, Rodríguez canales y medinas Guido. A mi tía Soledad Altamirano Guido.

A mis amigas Katia Baltodano, Katerin Elizabeth Rivas Baltodano y Karol Daniela Teresa López Aburto.

A la MSc. María Lisseth Valdivia Flores y MSc. Jael Bildad Cruz Castillo.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios sobre todas las cosas por ser fuente de luz darme la vida, fuerza, sabiduría y guiarme por el camino correcto.

Expreso mi agradecimiento a las personas e instituciones que brindaron su apoyo en el transcurso de mi carrera y hasta la investigación.

A Elías Isaac Noguera, Manuel Alemán, Johnny Sequeira, Maritza Avendaño a la Licenciada Ana Gabriela Moreno Ulloa.

Todos aquellos docentes que fueron parte de mi aprendizaje y que siempre que los necesitaba estuvieron allí.

A la Universidad Nacional Agraria, Alma Mater por darme la oportunidad de realizar mis estudios.

Al Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARENA) por permitir realizar el trabajo de investigación en el Refugio de Vida Silvestre Río Escalante Chacocente.

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CUADRO</b>		<b>PÁGINA</b>
1	Distribución de familias, especies e individuos encontrados por parcelas permanentes de muestreo en el Refugio de Vida Silvestre Río Escalante Chacocente Carazo, 2016	12

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>		<b>PÁGINA</b>
1	Localización del Refugio de Vida Silvestre Río Escalante Chacocente	4
2	Proceso metodológico desarrollado en el estudio, Refugio de Vida Silvestre Río Escalante Chacocente, 2016	6
3	División de las parcelas permanentes de muestreo en cuadrantes	7
4	Biomasa aérea total en dos parcelas permanentes de muestreo en el Refugio de Vida Silvestre Río Escalante Chacocente, 2016	13
5	Carbono almacenado en dos parcelas permanentes de muestreo del Refugio de Vida Silvestre Río Escalante Chacocente, 2016	14

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO</b>		<b>PÁGINA</b>
1	Número de individuos por especies y por parcelas permanentes de muestreo	22
2	Número de individuos por familias y por parcelas permanentes de muestreo	24
3	Biomasa aérea total (t) por especie arbórea	25
4	Carbono almacenado (t) por especie arbórea	27
5	Glosario de términos	29



## RESUMEN

La cuantificación de biomasa y carbono almacenado es importante para fortalecer la conservación del bosque tropical seco de Nicaragua, dado que éste tiene una gran presión social y una alta dependencia de la población sobre el mismo por lo que se considera vulnerable ante los efectos del cambio climático. Para ampliar las investigaciones sobre el bosque tropical seco de Nicaragua se planteó este trabajo de investigación con la finalidad de estimar la cantidad de carbono almacenado en dos parcelas permanentes de muestreo del Refugio de Vida Silvestre Río Escalante Chacocente, ubicado en el Municipio de Santa Teresa, Departamento de Carazo. El Tamarindo y Los Melones fueron las parcelas consideradas en este estudio. Ambas parcelas tienen un área de 1 ha y en ellas se realizó un inventario al 100% de los árboles que presentaban un diámetro mayor a 10 cm. Las variables evaluadas fueron: diámetro a la altura del pecho (1.30 m), área basal, biomasa aérea total y carbono almacenado. En la parcela El Tamarindo se identificaron 52 especies arbóreas representadas en 27 familias botánicas. También en esta parcela se estimó un contenido de biomasa aérea de 49.98 t/ha y un contenido de carbono almacenado de 24.99 t C/ha. En la parcela Los Melones se identificaron 39 especies arbóreas representadas en 22 familias botánicas. Para esta parcela Los Melones, se estimó un contenido de biomasa aérea de 47.91 t/ha y un contenido de carbono almacenado de 23.96 t C/ha. Estos resultados pueden ser utilizados para acceder al beneficio de venta de bonos de Carbono dentro del incentivo pago por servicios ambientales.

**Palabras claves:** bosque, seco, biomasa, carbono almacenado

## ABSTRACT

The aerial biomass and stored carbon quantification is important to strengthen the conservation of the tropical dry forest of Nicaragua, because it has a great social pressure and a high dependence of the population on it so it is considered vulnerable to the effects of climate change. In order to expand the researches on the dry tropical forest of Nicaragua, this research was proposed order to estimate the amount of carbon stored in two permanent sampling plots of the Río Escalante Chacocente Wildlife Refuge, located in the Municipality of Santa Teresa, Department of Carazo. El Tamarindo and Los Melones were the plots considered in this study. Both plots have an area of 1 ha and an 100 % inventory was made the trees that had a diameter greater than 10 cm. The evaluated variables were: the diameter at breast height (1.3 m above ground), basal area, total aerial biomass and stored carbon. In the El Tamarindo parcel, 52 arboreal species represented in 27 botanical families were identified, an aerial biomass content of 49.98 t/ha and a stored carbon content of 24.99 t C/ha were measured. In the Los Melones parcel, 39 arboreal species represented in 22 botanical families were identified. Also, for this Los Melones parcel, an aerial biomass content of 47.91 t/ha and a carbon content of 23.96 t C/ha were estimated. These results could be used to access the benefit of the sale of carbon bonds within the incentive payment for environmental services.

**Keywords:** forest, dry, biomass, stored carbon

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad hay una gran preocupación a nivel mundial por el incremento de concentración de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, siendo ésta la primera causa del cambio climático. El gas con mayor efecto proporcional en el calentamiento global es el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>); responsable de más de la mitad de este fenómeno (Gutiérrez y Lopera, 2001).

En torno a este problema se ha generado en la última década una interesante corriente en término de acciones internacionales para mitigar el calentamiento global y así evitar las graves consecuencias que este traería para la vida en la tierra. Para estas acciones se pretende invertir en proyectos que contribuyan a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en países en vías de desarrollo promoviendo también un desarrollo sostenible (Gutiérrez y Lopera, 2001).

Una estrategia para mitigar el cambio climático es la captura y almacenamiento de carbono, la cual consiste en un proceso de la separación del CO<sub>2</sub> emitido por la industria y fuentes relacionadas con la generación de energía en los procesos de combustión y su transporte a un lugar de almacenamiento geológico para aislarlo de la atmósfera a largo plazo (Arribas, 2013).

Nicaragua como el resto de Centro América y el mundo es afectado en gran medida por los desórdenes climáticos productos del calentamiento global, con eventos relacionados a fenómenos como el niño, causando grandes repercusiones en sectores como la industria, lo energético, la agricultura y la ganadería, aumentando la vulnerabilidad de la sociedad, agravando los problemas como el suministro de agua y la disponibilidad de alimentos entre otros (FAO, 2010).

Sin embargo; se han venido trabajando en iniciativas para la mitigación y/o adaptación al cambio climático, que van desde la creación de reservas silvestres privadas, estrategias de restauración de ecosistemas, anteproyectos de ley presentado por la Alianza nicaragüense ante el cambio climático denominado “Ley general de gestión integral para la adaptación y mitigación ante el cambio climático” hasta las investigaciones en torno a esta problemática (Alianza nicaragüense ante el cambio climático, 2018).

En cuanto a investigaciones, la Universidad Nacional Agraria ha venido trabajando desde hace muchos años en el Refugio de Vida Silvestre Río Escalante Chacocente por ser un reducto de Bosque tropical seco en transición a subtropical de nuestro país, con una cantidad de especies existentes en el área consideradas como recursos potenciales, dado que estas constituyen una importante fuente de materia prima como: madera para construcción herramientas, construcción de viviendas, combustible, medicina, taninos, refugio y alimento para el hombre y los animales.

Para ampliar las investigaciones sobre el bosque tropical seco de Nicaragua se planteó este trabajo de investigación con la finalidad de estimar la cantidad de Carbono almacenado en dos parcelas permanentes de muestreo del Refugio de Vida Silvestre Río Escalante Chacocente. Dada la importancia de ser el reducto de bosque tropical seco más grande en Nicaragua (Noguera et al., 2004), este estudio contribuirá para crear estrategias de conservación como medida de adaptación y mitigación ante el cambio climático. En un futuro se podría acceder al beneficio de pago por servicio ambiental por la venta de Carbono.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

- Evaluar el contenido de carbono almacenado en dos parcelas permanentes de muestreo del bosque tropical seco de la Refugio de Vida Silvestre Río Escalante Chacocente.

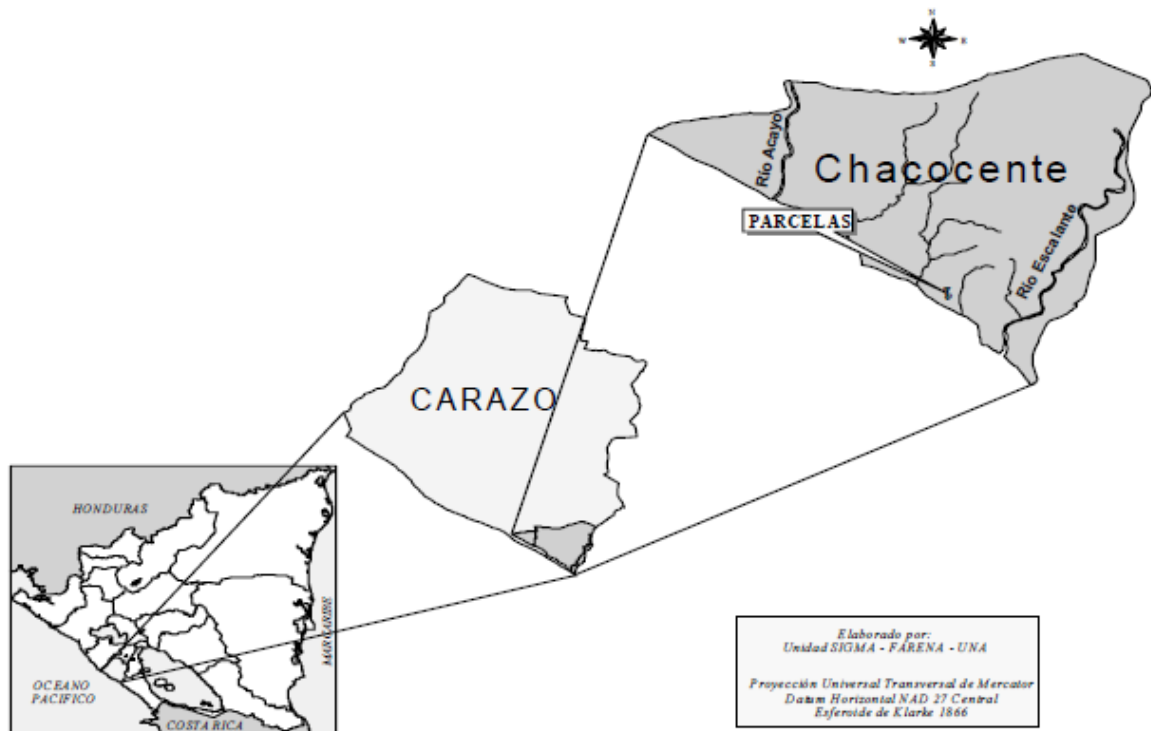
### **2.2. Objetivos específicos**

1. Describir la composición florística de dos parcelas permanentes de muestreo.
2. Estimar la biomasa aérea total de árboles ubicados en dos parcelas permanentes de muestreo.
3. Determinar el contenido de carbono almacenado en la biomasa aérea de los árboles en dos parcelas permanentes de muestreo.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación del área de estudio

La investigación se realizó en el Refugio de Vida Silvestre Río Escalante-Chacocente (Figura 1), se localiza entre los Municipios de Santa Teresa, del departamento de Carazo y el Municipio de Tola, departamento de Rivas. Se encuentra entre las coordenadas 11° 30'33.0'' y 11° 35' 28.5'' Latitud Norte; 86° 08' 33.7'' y 86° 14' 43.1'' Longitud Oeste, con una extensión territorial de 4,645 ha (MARENA, 2008).



**Figura 1.** Localización del Refugio de Vida Silvestre Río Escalante Chacocente. Fuente: Díaz y Dixon, 2006

#### 3.1.1. Relieve

El relieve es irregular, presenta un paisaje de baja altura, formado por una franja de playa de 11.6 km de largo que se eleva progresivamente hacia las tierras interiores a través de una serie continua de pequeñas colinas de 200 a 300 m de altitud (MARENA, 2008).

### **3.1.2. Condiciones climáticas**

Las condiciones climáticas de la zona en general varían de acuerdo a la altitud. Las partes bajas presentan temperaturas que oscilan entre 27 – 29 °C y las altas (Meseta de los Pueblos) entre 24 - 26 °C.

Las precipitaciones de la zona varían entre 800 y 1200 mm anuales, presentando una distribución irregular y con períodos caniculares muy prolongados (> 40 días). En la Meseta de Carazo que tiene elevaciones de 500 - 900 msnm, la precipitación varía de 1,400 a 1,800 mm con una distribución regular y períodos caniculares de poca duración (10 a 20 días).

La época lluviosa se distribuye entre los meses de mayo y octubre, siendo los meses de mayor precipitación agosto y septiembre (MARENA, 2008).

### **3.1.3. Suelos**

En Chacocente, el área presenta principalmente suelos aluviales vérticos o vertisoles, además de suelos coluviales. Son suelos desarrollados de cenizas volcánicas y rocas terciarias básicas con propiedades físicas iguales para toda la zona de estudio (Noguera et al., 2004).

### **3.1.4. Parcelas permanentes de muestreo**

En 1989 dio inicio un proyecto de investigación y capacitación en el Refugio de Vida Silvestre Río Escalante-Chacocente, ejecutado por la Escuela de Ciencias Forestales (ECFOR) de la Universidad Nacional Agraria (UNA), con el apoyo financiero de la autoridad Sueca para la cooperación en la investigación con los países en desarrollo (SAREC) y la asesoría técnica del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE, 1993).

En 1990 se establecieron en el bosque seco caducifolio cuatro parcelas permanentes de muestreo, en 1991 se establecieron en el bosque de galería dos parcelas permanentes de muestreo y dos parcelas permanentes de muestreo en rodales de bosque secundario joven (tacotal). Cada parcela de 1 ha cada una, con dimensiones de 100 x100m (CATIE, 1993).

Este trabajo de investigación, se realizó en las parcelas permanentes de muestreo de bosque seco El Tamarindo y Los Melones establecidas en el año 1990. A continuación, se presentan las características de cada una de ellas (Navarrete y Téllez, 1996):

- a) El Tamarindo: Está ubicada a 700 m de la costa, topografía plana, pendientes de 2 a 6%, cercana a cauces que se convierten en riachuelos en la época lluviosa, la vegetación corresponde a un bosque seco caducifolio, altitud de 20 msnm, suelos vertisoles.
- b) Los Melones: Está ubicada a 1350 m de la costa, con una altitud de 80 msnm, terrenos colinados, pendientes entre 16 y 30%, la vegetación corresponde a bosque seco moderadamente denso, suelos alfisoles.

### 3.2. Proceso metodológico

Para el cumplimiento de los objetivos de este estudio el proceso metodológico se dividió en tres etapas (Figura 2); las que fueron desarrolladas de manera secuencial. A continuación, se detallan:



**Figura 2.** Proceso metodológico desarrollado en el estudio, Refugio de Vida Silvestre Río Escalante Chacocente, 2016.



### **3.2.1. Etapa 1: Planificación**

#### **a) Acuerdos interinstitucionales entre MARENA y UNA**

En esta primera etapa se establecieron acuerdos entre MARENA-UNA y se valoró la posibilidad de implementar un proyecto en el área protegida. El proyecto llevó por título “Manejo Forestal Diversificado con enfoque comunitario en el área protegida Refugio de Vida Silvestre Río Escalante – Chacocente” y con el mismo se llevaron a cabo varios trabajos de graduación, incluyendo el presente.

Como dicho proyecto se ejecutó durante el período de Prácticas Pre Profesionales (PPP) del año 2016 también fue necesario coordinar con la administración del Refugio la posibilidad de alojar a los equipos de estudiantes que estaban involucrados en cada uno de los trabajos de graduación por el período de las prácticas (un mes).

#### **b) Reconocimiento del sitio**

Con esta visita se realizó el primer encuentro entre los docentes involucrados en el proyecto y el personal administrativo del Refugio. El objetivo principal era conocer las instalaciones y facilidades del Refugio y coordinar las posteriores visitas con los estudiantes participantes en cada uno de los temas del proyecto.

La visita de reconocimiento también se aprovechó para compilar toda la información necesaria para diseñar la metodología del presente estudio.

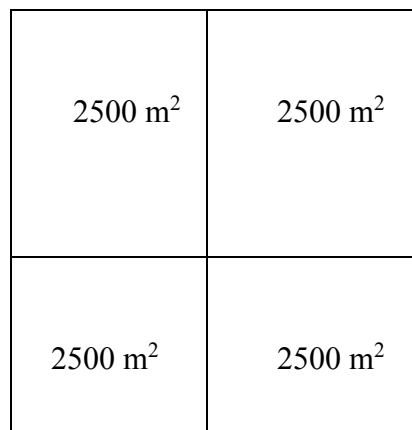
#### **c) Diseño metodológico del inventario**

Considerando la composición florística como criterio de selección de las parcelas, se acordó trabajar en las parcelas permanentes de muestreo El Tamarindo y Los Melones e inventariar todos los árboles que presentaban un diámetro mayor a 10 cm a los 1.30 metros de altura en las parcelas seleccionadas.

### 3.2.2. Etapa 2: Proceso de campo

#### a) Medición de variables

Para una mejor ubicación y levantamiento de información las parcelas se dividieron en cuadrantes de 50 x 50m (Figura 3).



**Figura 3.** División de las parcelas permanentes de muestreo en cuadrantes

En cada cuadrante de las parcelas se inventariaron todos los árboles que presentaban un diámetro mayor a 10 cm. Las variables evaluadas en esta investigación fueron:

**Diámetro a la altura del pecho:** Es el área de la sección horizontal de un árbol que se encuentra a 1.30 metros del suelo.

**Área Basal ( $m^2$ ):** Se entiende en dasometría como el área de cualquier sección transversal del fuste (Husch et al., 1993).

$$AB(m^2) = \frac{\pi}{4} (DAP)^2$$

Dónde:

AB: Área basal (en metros cuadrados)

$\pi/4$ : Constante (0.7854)

DAP: Diámetro a la altura del pecho (1.30 m)

**Biomasa aérea total:** Materia orgánica que existe por arriba de suelo (incluyendo hojas, varas, ramas, fuste y corteza), expresados como peso en kg (Dossantos, 2014). Para la estimación de biomasa aérea total se empleó la ecuación alométrica utilizada para bosque tropical seco propuesta por Brown, 1997. Cabe mencionar que la altura del árbol no se consideró en este estudio porque no se requiere al aplicar la siguiente ecuación alométrica:

$$B= 10^{[-0.535+\log (AB)]}$$

Dónde:

B: Biomasa aérea total en kg

log: Logaritmo

AB: Área basal en cm<sup>2</sup>

**Carbono almacenado:** Se refiere a la capacidad del bosque para mantener una determinada cantidad promedio de carbono por hectárea, que será liberado gradualmente a la atmósfera en un tiempo determinado (MARENA et al., 2005).

Habiendo estimado la biomasa aérea total se calculó el carbono almacenado utilizando una contante de fracción de carbono de 0.5 (IPCC, 2006).

A continuación, se presenta la fórmula utilizada:

$$CA = B * Fc$$

Dónde

CA: Carbono almacenado en t ha<sup>-1</sup>

B: Biomasa aérea total en t ha<sup>-1</sup>

FC: Fracción de carbono

## **b) Identificación de especies arbóreas**

Para la identificación por nombre común de las especies arbóreas presentes en las parcelas permanentes de muestreo en estudio se contó con la ayuda de don Manuel Alemán Rodríguez, guardaparque del Refugio de Vida Silvestre Río Escalante Chacocente. La identificación por nombre científico y familia, se realizó una vez se tenían los nombres comunes, apoyándose de material bibliográfico como listas de especies existentes en Nicaragua, árboles de Nicaragua, Especies del Arboretum.

### **3.2.3. Etapa 3: Procesamiento y análisis de datos**

#### **a) Digitalización de datos**

Los datos recolectados en cada parcela permanente de muestreo se almacenaron en una base de datos del programa Microsoft Excel 2010 detallada por parcela y por individuo inventariado, posteriormente se utilizaron tablas dinámicas para el análisis de los resultados.

#### **b) Determinación de biomasa y carbono**

En este estudio la determinación de biomasa y carbono almacenado se hizo con el método no destructivo para lo cual se utilizaron ecuaciones alométricas. La biomasa aérea total se estimó mediante la ecuación propuesta para bosque tropical seco por Brown, 1997 la que toma en cuenta el área basal en  $\text{cm}^2$  de cada árbol. Una vez estimado el contenido de biomasa aérea total se calculó el carbono almacenado. Posteriormente se utilizaron tablas dinámicas para el análisis de los resultados haciendo uso del programa Microsoft Excel 2010.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Especies arbóreas encontradas en dos parcelas permanentes de muestreo

Se muestrearon un total de 751 individuos en las dos parcelas permanentes de muestreo del Refugio de Vida Silvestre Río Escalante Chacocente, los cuales presentaban diámetros mayores a 10 cm de DAP. En la parcela El Tamarindo se encontraron 384 individuos y en la parcela Los Melones se encontraron 367 individuos. Aunque ambas parcelas tienen la misma área difieren en el número de individuos probablemente por la etapa de desarrollo de los árboles, dado que en la parcela Los Melones se observaba bastante regeneración natural y ésta no fue considerada para este estudio.

Se identificaron un total de 53 especies arbóreas, en la parcela El Tamarindo se encontraron 52 especies arbóreas (representando un 98%); las más representativas son: *Pithecellobium arboreum* 29 individuos, *Stemmadenia obovata* 26 individuos, *Myrospermum frutescens* 26 individuos, *Tabebuia chrysantha* 22 individuos y *Capparis pachaca* 21 individuos.

En la parcela Los Melones se encontraron 39 especies arbóreas (representando un 74%), las que presentan mayor número de individuos son: *Tabebuia chrysantha* con 53 individuos, *Achatocarpus nigricans* con 41 individuos, *Myrospermum frutescens* con 32 individuos, *Gyroscarpus americanus* con 30 individuos y *Stemmadenia obovata* con 20 individuos (Anexo 1).

Considerando los porcentajes de especies arbóreas presentes por parcela, se podría señalar que la parcela El Tamarindo presenta mayor riqueza de especies que la parcela Los Melones.

En cuanto a las familias botánicas se identifica un total de 27 familias, la parcela El Tamarindo está representada por 27 familias de las cuales las más representativas son: Fabaceae con 67 individuos, Caesalpinaceae con 55 individuos, Mimosaceae con 33 individuos, Apocynaceae con 26 individuos y Bignoniaceae con 22 individuos (Anexo 2).

La parcela Los Melones está representada por 22 familias botánicas (Cuadro 1), las familias con mayor número de individuos son: Fabaceae con 72 individuos, Bignoniaceae con 53 individuos, Achatocarpaceae con 43 individuos, Hernandiaceae con 30 individuos y Sapindaceae con 28 individuos.

**Cuadro 1. Distribución de familias, especies e individuos encontrados por parcelas permanentes de muestreo en el Refugio de Vida Silvestre Río Escalante Chacocente, Carazo, 2016**

Parcelas					
El Tamarindo			Los Melones		
Área: 1ha			Área: 1ha		
Fam.	Esp.	Ind.	Fam.	Esp.	Ind.
27	52	384	22	39	367
<b>Fam: Familias; Esp. Especies; Ind. Individuos</b>					

Los resultados encontrados en la parcela Los Melones difieren a los encontrados por Díaz y Dixon (2006), los cuales reportaron en su estudio 35 especies arbóreas y 21 familias botánicas en un área de 3600 m<sup>2</sup> del Refugio de Vida Silvestre Río Escalante Chacocente. Además mencionan que las familias botánicas con mayor representatividad fueron: Caesalpinaceae, Fabaceae y Mimosaceae.

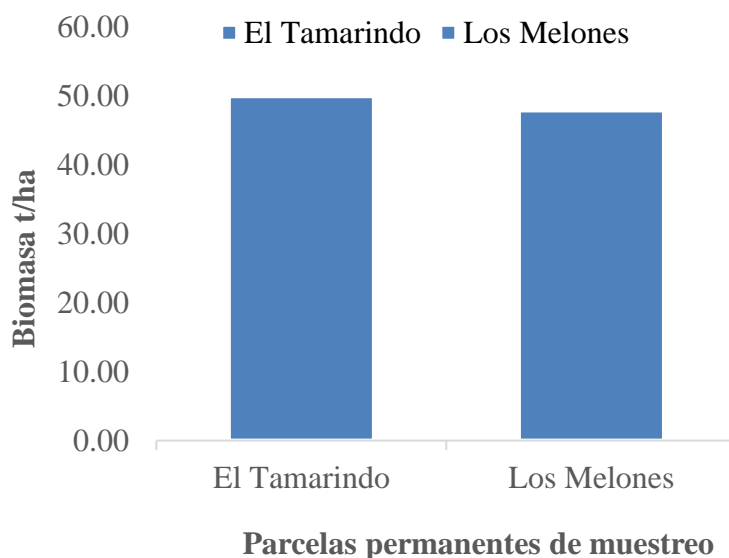
Por su parte, López y Chacón (1994) mencionan en su estudio que las familias más representativas en un área de muestreo de 3600 m<sup>2</sup> del Refugio de Vida Silvestre Río Escalante Chacocente fueron: Fabaceae, Caesalpinaceae, Rubiaceae, Boraginaceae y Mimosaceae. Existe una estrecha relación entre diversidad, abundancia de especies y el contenido de carbono almacenado, dado que a mayor cantidad de especies e individuos encontrados en una parcela se podría incrementar el contenido de carbono almacenado.

#### 4.2. Estimación de Biomasa aérea total en dos parcelas permanentes de muestreo

El bosque tropical seco se considera actualmente como uno de los ecosistemas más amenazados del mundo y a la vez poco estudiados a pesar de su gran importancia y los servicios ambientales que prestan, tales como protección del suelo, ciclaje de nutrientes, regulación del agua, control biológico, provisión de alimentos, madera y la captura de carbono. La biomasa aérea es uno de los más grandes y dinámicos sumideros de carbono en estos ecosistemas (Andrade *et al.*, 2017).

Al aplicar la ecuación alométrica para bosque tropical seco propuesta por Brown, (1997) se estimó una biomasa aérea total de 97.89 t/ha para las dos parcelas permanentes de muestreo en el Refugio de Vida Silvestre Río Escalante Chacocente.

La biomasa aérea estimada para la parcela El Tamarindo fue de 49.98 t/ha (Figura 4) y para la parcela Los Melones fue de 47.91 t/ha. La diferencia en contenido de biomasa aérea en las parcelas puede estar influenciada por el número de individuos encontrados en cada una de ellas, tipos de especies, edad de los árboles, diámetro, área basal y grado de perturbaciones en los sitios muestreados.



**Figura 4.** Biomasa aérea total en dos parcelas permanentes de muestreo en el Refugio de Vida Silvestre Río Escalante Chacocente, 2016

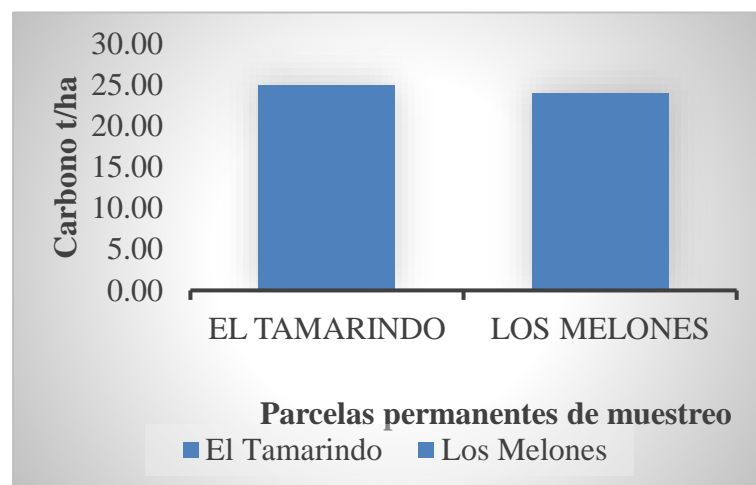
Valores similares a estos reportan Siu y Ordeñana, (2001) quienes estimaron el contenido de biomasa aérea en un área de 2500 m<sup>2</sup> del Refugio de Vida Silvestre Río Escalante Chacocente encontrando un contenido de biomasa aérea de 34.3 t/ha.

Según Andrade *et al.*, (2017), el contenido de biomasa aérea varía en el paisaje, con los cambios en el tiempo, la composición de especies y factores abióticos, como la topografía, la fertilidad del suelo, la luz y la disponibilidad de agua. Todos estos elementos pudieron haber influido en los resultados obtenidos en este estudio.

#### 4.3. Carbono almacenado en dos parcelas permanentes de muestreo

Se ha estimado que la biomasa contiene el 50 % de carbono según el IPCC, (2006). En este estudio se determinó un total de 48.95 t C/ha para las dos parcelas permanentes de muestreo en el Refugio de Vida Silvestre Río Escalante Chacocente.

En la parcela El Tamarindo el contenido de carbono almacenado fue de 24.99 t C/ha y en la parcela Los Melones fue de 23.96 t C/ha (Figura 5). Para este estudio, el contenido de carbono puede estar influenciado por el tipo de especie, número de individuos por especie, edad de los árboles, cambios en el tiempo, grados de perturbación en las parcelas como deforestación e incendios forestales.



**Figura 5.** Carbono almacenado en dos parcelas permanentes de muestreo en el Refugio de Vida Silvestre Río Escalante Chacocente, 2016



El almacenamiento de carbono estimado para este estudio es totalmente congruente con el reportado por Siu y Ordeñana, 2001 quienes estimaron el contenido y almacenamiento de carbono en un área de 2500 m<sup>2</sup> del Refugio de Vida Silvestre Río Escalante Chacocente aplicando la misma fórmula de este estudio y encontraron un contenido de carbono de 17.15 t C/ha.

Brown *et al.*, (1989), reportan valores promedios de carbono almacenado en bosques secos tropicales que oscilan entre 27 y 36 t C/ha; por su parte Connolly y Corea (2007), estiman que el bosque tropical seco tiene como promedio 27 t C/ha a nivel de América Latina. Por lo que los resultados encontrados en este estudio son similares a los reportados por estos autores.

Para Andrade *et al.*, 2017, el almacenamiento de carbono en los bosques secos depende fuertemente de la composición florística, abundancia de la comunidad vegetal y las características del suelo, tal como su fertilidad y disponibilidad de agua. Por lo que se podría indicar que los resultados obtenidos en este estudio son resultado de la influencia de estos factores.

Las especies arbóreas que aportan más biomasa y carbono son: *Pithecellobium arboreum*, *Gyrocarpus americanus*, *Tabebuia chrysantha*, *Stemmadenia obovata* y *Myrospermum frutescens* (Anexos 3 y 4). La cuantificación del carbono almacenado en estas parcelas es de gran importancia para el Refugio de Vida Silvestre Río Escalante Chacocente dado que permite crear estrategias de conservación del bosque tropical seco y a su vez ampliar la información de éste a nivel nacional.

## V. CONCLUSIONES

Se identificaron 53 especies arbóreas y 27 familias botánicas en dos parcelas permanentes de muestreo del bosque tropical seco en el Refugio de Vida Silvestre Río Escalante Chacocente; en la parcela El Tamarindo se encontró mayor número de especies y en la parcela Los Melones se encontraron 39 especies arbóreas.

Se estimó una biomasa aérea total de 97.89 t/ha, de las cuales 49.98 t/ha pertenecen a la parcela permanente de muestreo El Tamarindo y 47.91 t/ha a Los Melones.

El carbono almacenado en la biomasa aérea del componente arbóreo fue de 24.99 t C/ha en la parcela El Tamarindo y 23.96 t C/ha en Los Melones, para un total de 48.95 t C/ha. Estos resultados pueden ser utilizados para acceder al beneficio de venta de bonos de Carbono dentro del incentivo pago por servicios ambientales.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Realizar estudios de biomasa y carbono bajo suelo, hojarasca, madera muerta y materia orgánica del suelo para obtener la suma completa del carbono almacenado en las parcelas permanentes de muestreo estudiadas.

Realizar investigaciones que generen ecuaciones alométricas de estimación de biomasa por especie o por tipo de bosque acorde a las condiciones ambientales del país para obtener mayor precisión en los resultados.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Alianza nicaragüense ante el cambio climático. (2018). *Ante proyecto de ley general ante el cambio climático – Nicaragua*. Recuperado de: <http://anacc.org.ni/index.php/presentacion-propuesta-de-ley-de-cambio-climatico-de-nicaragua>
- Andrade Castañeda, H. J., Segura Madrigal, M. A., Canal Daza, D. S., Huertas Gonzales, A., Mosos Torres, C. A. (2017). Composición florística y reservas de carbono en bosques ribereños en paisajes agropecuarios de la zona seca del Tolima, Colombia. *Revista de biología tropical* 65 (4), 1245-1260.
- Arribas, C. (2013). *Captura y almacenamiento del carbono*. Recuperado de: <https://www.ecologistasenaccion.org/?p=22923>
- Asociación de Academias de la Lengua Española. (2019). *Carbono*. Recuperado de: <https://dle.rae.es/?id=7Sa5TYq>
- Brenes, G. (2019). *Parcelas de muestreo permanente, una herramienta de investigación de nuestros Bosques*. Recuperado de: <http://www.acguanacaste.ac.cr/rothschildia/v1n1/textos/16.html>
- Brown, S. (1989). Biomass Estimation Methods for Tropical Forests with Applications to Forest Inventory Data. *Forest Science*, 35 (4), 881-902.
- Brown, S. (1997). *Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests*. FAO, Roma. 92 p.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). (diciembre 1993). Manejo integrado de recursos naturales. Memorias de la semana científica. Recuperado de: [https://books.google.com.ni/books?id=odcOAQAIAAJ&pg=PA36&lpg=PA36&dq=parcelas+permanentes+de+muestreo+Chacocente&source=bl&ots=pEJvqYpQ3W&sig=ACfU3U3St7RAFNNFzy\\_gTF26gBXNwVMCpw&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjmaeF98DhAhWOzlkKHW3zAZ4Q6AEwCXoECA\\_YQAQ#v=onepage&q=parcelas%20permanentes%20de%20muestreo%20Chacocente&f=false](https://books.google.com.ni/books?id=odcOAQAIAAJ&pg=PA36&lpg=PA36&dq=parcelas+permanentes+de+muestreo+Chacocente&source=bl&ots=pEJvqYpQ3W&sig=ACfU3U3St7RAFNNFzy_gTF26gBXNwVMCpw&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjmaeF98DhAhWOzlkKHW3zAZ4Q6AEwCXoECA_YQAQ#v=onepage&q=parcelas%20permanentes%20de%20muestreo%20Chacocente&f=false)
- Connolly Wilson, R.Y., y Corea Siu, C. A. (2007). *Cuantificación de la captura y almacenamiento de carbono en sistema agroforestal y forestal en seis sitios de cuatro municipios de Nicaragua* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria, Managua. 85 p.

- Díaz Valery, A. E., y Dixon Coban, L. E. (2006). *Composición florística y estructural de un bosque secundario después de aplicarse dos tratamientos silviculturales en el Refugio de vida silvestre de Chacocente-Carazo* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria, Managua. 68 p.
- Dossantos Macedo, E.J. (2014). *Almacenamiento de carbono en la biomasa aérea del bosque primario y bosque secundario de la parcela Muro Huayra en la reserva nacional Allpahuayo Mishana, Iquitos, Perú*. Recuperado de: <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2510/Almacenamiento%20de%20carbono%20en%20la%20biomasa%20a%C3%A9rea%20del%20bosque%20primario%20y%20bosque%20secundario.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2010). *Evaluación de los recursos forestales mundiales* (CD). FAO. Roma, Italia.
- Gutiérrez Veles, V. H.; y Lopera Arango, G. J. (2001). *Valoración económica de la fijación de carbono en plantaciones tropicales de Pinus patula*. Recuperado de: [https://www.uach.cl/procarbono/pdf/simposio\\_carbono/16\\_Gutierrez.PDF](https://www.uach.cl/procarbono/pdf/simposio_carbono/16_Gutierrez.PDF)
- Husch, B., Miller, C. y Beers, T. (1993). *Forest Mensuration*. Krieger Publishing Company. Third Edition Malabar, Florida.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2005). *La captación y el almacenamiento de dióxido de carbono*. 66 p.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2006). *Metodologías genéricas aplicables a múltiples categorías de uso de la tierra*. Hayama, Japón. 66 p.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Summary for Policymakers*. 29 p.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2013). *Glosario*. En S. Planton (ed.), *Cambio Climático 2013. Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, Estados Unidos de América. 22 p.
- López Suazo, A., y Chacón Galeano, M. R. (1994). *Caracterización florística y estructural de la vegetación secundaria joven en el bosque seco caducifolio de Chacocente* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria, Managua. 78 p.
- Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales., Ministerio Agropecuario Forestal., Proyecto Forestal de Nicaragua., Banco Mundial. (2005). *Potencial de Plantaciones Forestales y Fijación de Carbono en Nicaragua*. Managua, Nicaragua. 178 p.

Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. (2008). *Plan de manejo Refugio de vida silvestre Chacocente*. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/56404322/Plan-Manejo-Rio-Escalante-Chacocente-2008-Marena>

Navarrete Méndez, R.M., y Téllez Sevilla, M.A. (1996). *Relación de algunos factores edafológicos en la vegetación arbórea de cuatro parcelas del bosque seco en el Refugio de Vida Silvestre, Escalante, Chacocente* (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Agraria, Managua. 134 p.

Noguera Talavera, Á. J.; Castro Marín, G., y Gonzáles Rivas, B. (2004). Diversidad florística del bosque de galería en dos localidades del departamento de Carazo, Nicaragua. *La Calera*, 4(4), 36-40.

Siu Chow, M.Y.; Ordeñana, W. (2001). *Estimación del contenido y almacenamiento de carbono en el bosque seco secundario del Refugio de vida silvestre Chacocente* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria, Managua. 86 p.

# **VIII.- ANEXOS**

**Anexo 1.** Número de individuos por especie y por parcelas permanentes de muestreo

Especies arbóreas	Parcelas	
	El Tamarindo	Los Melones
<i>Acacia costaricensis</i>	1	1
<i>Achatocarpus nigricans</i>	5	41
<i>Allophylus psilospermus</i>	3	17
<i>Apoplanesia paniculata</i>	9	12
<i>Brasimum alicastrum</i>	9	
<i>Bursera simarouba</i>	10	1
<i>Caesalpinia coriaria</i>	17	
<i>Caesalpinia exostemma</i>	20	5
<i>Caesalpinia vesicaria</i>	9	9
<i>Calycophyllum candidissimum</i>	3	4
<i>Capparis indica</i>	1	1
<i>Capparis pachaca</i>	21	6
<i>Casearia tremula</i>	6	8
<i>Chomelia spinosa</i>	1	1
<i>Cordia alliadora</i>	2	3
<i>Cordia collococca</i>	1	1
<i>Cordia dentata</i>	7	
<i>Cordia gerascanthus</i>	3	6
<i>Dalbergia retusa</i>	3	1
<i>Diospyros nicaraguenses</i>	1	
<i>Dipholis salicifolia</i>	7	8
<i>Esenbeckia erlandieri</i>	19	14
<i>Ficus benjamina</i>	1	
<i>Gliricidia sepium</i>		14
<i>Guayacum sanctum</i>	1	
<i>Guazuma ulmifolia</i>	3	15
<i>Gyrocarpus americanus</i>	14	30
<i>Haematoxylum brasiletto</i>	2	5
<i>Hippocratea rosea</i>	6	
<i>Jacquinia aurantioca</i>	1	4
<i>Karwinskia calderohii</i>	8	4
<i>Lanthorylea caribbarun</i>	1	2
<i>Lonchocarpus minimifloras</i>	12	14
<i>Luehea candida</i>	9	8
<i>Lysiloma desmostachya</i>	1	
<i>Myrospermum frutescens</i>	26	32



<i>Ormosia coccinea</i>	1	
<i>Pimienta dioaca</i>	1	
<i>Piscidia piscipula</i>	7	1
<i>Pithecellobium arboreum</i>	29	7
<i>Pithecellobium dulce</i>	2	
<i>Platymiscium pleiostachyum</i>	7	1
<i>Pterocarpus rohrii</i>	7	
<i>Sapium macrocarpum</i>	5	1
<i>Senna atomaria</i>	6	1
<i>Simarouba glauca</i>	1	
<i>Spondias mombin</i>	3	1
<i>Stemmadenia obovata</i>	26	20
<i>Swietenia humilis</i>	1	4
<i>Tabebuia chrysantha</i>	22	53
<i>Thouinidium decandrum</i>	13	10
<i>Zizyphus guatemalensis</i>	8	1
<i>Zuelania guidonia</i>	2	
<b>Total</b>	<b>384</b>	<b>367</b>

**Anexo 2.** Número de individuos por familias y por parcelas permanentes de muestreo

Familias botánicas	Parcelas	
	El Tamarindo	Los Melones
Malvaceae	9	8
Meliaceae	1	4
Mimosaceae	33	8
Moraceae	10	
Myrtaceae	1	
Achatocarpaceae	9	43
Anacardiaceae	3	1
Apocynaceae	26	20
Bignoniaceae	22	53
Boraginaceae	13	10
Burseraceae	10	1
Caesalpinaceae	55	20
Capparidaceae	21	6
Ebenaceae	8	9
Euphorbiaceae	5	1
Fabaceae	67	72
Hernandiaceae	14	30
Hyppocrataceae	6	
Rhamnaceae	16	5
Rubiaceae	4	5
Rutaceae	20	16
Salicaceae	8	8
Sapindaceae	17	28
Simaroubaceae	1	
Sterculiaceae	3	15
Theophrastaceae	1	4
Zygophyllaceae	1	
<b>Total</b>	<b>384</b>	<b>367</b>

**Anexo 3.** Biomasa aérea total (t) por especie arbórea

<b>Especie</b>	<b>Biomasa (t)</b>
<i>Pithecellobium arboreum</i>	12.37
<i>Gyrocarpus americanus</i>	8.43
<i>Tabebuia chrysantha</i>	7.99
<i>Stemmadenia obovata</i>	6.79
<i>Myrospermum frutescens</i>	4.58
<i>Lonchocarpus minimifloras</i>	4.19
<i>Gliricidia sepium</i>	3.54
<i>Achatocarpus nigricans</i>	3.23
<i>Dipholis salicifolia</i>	2.70
<i>Caesalpinia exostemma</i>	2.69
<i>Pterocarpus rohrii</i>	2.58
<i>Esenbeckia erlandieri</i>	2.56
<i>Caesalpinia vesicaria</i>	2.54
<i>Karwinskia calderohii</i>	2.50
<i>Apoplanesia paniculata</i>	2.21
<i>Caesalpinia coriaria</i>	1.99
<i>Allophylus psilospermus</i>	1.96
<i>Dalbergia retusa</i>	1.77
<i>Luehea candida</i>	1.70
<i>Spondias mombin</i>	1.54
<i>Thouinidium decandrum</i>	1.32
<i>Calycophyllum candidissimum</i>	1.28
<i>Piscidia piscipula</i>	1.24
<i>Guazuma ulmifolia</i>	1.24
<i>Casearia tremula</i>	1.19
<i>Platymiscium pleiostachyum</i>	1.15
<i>Capparis pachaca</i>	1.11
<i>Zizyphus guatemalensis</i>	1.11
<i>Cordia gerascanthus</i>	1.09
<i>Brasimum alicastrum</i>	1.08
<i>Bursera simarouba</i>	0.93
<i>Ficus benjamina</i>	0.86
<i>Hippocratea rosea</i>	0.78
<i>Cordia dentata</i>	0.67
<i>Jacquinia aurantioca</i>	0.60
<i>Cordia alliadora</i>	0.54
<i>Senna atomaria</i>	0.50
<i>Pithecellobium dulce</i>	0.35

<i>Sapium macrocarpum</i>	0.35
<i>Haematoxylum brasiletto</i>	0.35
<i>Lysiloma desmostachya</i>	0.33
<i>Zuelania guidonia</i>	0.32
<i>Chomelia spinosa</i>	0.31
<i>Capparis indica</i>	0.29
<i>Swietenia humilis</i>	0.24
<i>Lanthorylea caribarun</i>	0.19
<i>Cordia collococca</i>	0.19
<i>Guayacum sanctum</i>	0.17
<i>Acacia costaricensis</i>	0.09
<i>Pimienta dioaca</i>	0.05
<i>Ormosia coccinea</i>	0.04
<i>Simarouba glauca</i>	0.04
<i>Diospyros nicaraguenses</i>	0.02
<b>Total</b>	<b>97.89</b>

**Anexo 4.** Carbono almacenado (t) por especie arbórea

<b>Especie</b>	<b>Carbono (t)</b>
<i>Pithecellobium arboreum</i>	6.19
<i>Gyrocarpus americanus</i>	4.21
<i>Tabebuia chrysantha</i>	3.99
<i>Stemmadenia obovata</i>	3.39
<i>Myrospermum frutescens</i>	2.29
<i>Lonchocarpus minimifloras</i>	2.09
<i>Gliricidia sepium</i>	1.77
<i>Achatocarpus nigricans</i>	1.61
<i>Dipholis salicifolia</i>	1.35
<i>Caesalpinia exostemma</i>	1.34
<i>Pterocarpus rohrii</i>	1.29
<i>Esenbeckia erlandieri</i>	1.28
<i>Caesalpinia vesicaria</i>	1.27
<i>Karwinskia calderohii</i>	1.25
<i>Apoplanesia paniculata</i>	1.11
<i>Caesalpinia coriaria</i>	1.00
<i>Allophylus psilospermus</i>	0.98
<i>Dalbergia retusa</i>	0.88
<i>Luehea candida</i>	0.85
<i>Spondias mombin</i>	0.77
<i>Thouinidium decandrum</i>	0.66
<i>Calycophyllum candidissimum</i>	0.64
<i>Piscidia piscipula</i>	0.62
<i>Guazuma ulmifolia</i>	0.62
<i>Casearia tremula</i>	0.60
<i>Platymiscium pleiostachyum</i>	0.58
<i>Capparis pachaca</i>	0.55
<i>Zizyphus guatemalensis</i>	0.55
<i>Cordia gerascanthus</i>	0.54
<i>Brasimum alicastrum</i>	0.54
<i>Bursera simarouba</i>	0.47
<i>Ficus benjamina</i>	0.43
<i>Hippocratea rosea</i>	0.39
<i>Cordia dentata</i>	0.34
<i>Jacquinia aurantioca</i>	0.30
<i>Cordia alliadora</i>	0.27
<i>Senna atomaria</i>	0.25
<i>Pithecellobium dulce</i>	0.18
<i>Sapium macrocarpum</i>	0.18

<i>Haematoxylum brasiletto</i>	0.17
<i>Lysiloma desmostachya</i>	0.17
<i>Zuelania guidonia</i>	0.16
<i>Chomelia spinosa</i>	0.15
<i>Capparis indica</i>	0.15
<i>Swietenia humilis</i>	0.12
<i>Lanthorylea caribarun</i>	0.10
<i>Cordia collococca</i>	0.09
<i>Guayacum sanctum</i>	0.08
<i>Acacia costaricensis</i>	0.04
<i>Pimienta dioaca</i>	0.03
<i>Ormosia coccinea</i>	0.02
<i>Simarouba glauca</i>	0.02
<i>Diospyros nicaraguenses</i>	0.01
<b>Total</b>	<b>48.95</b>

## **Anexo 5.** Glosario de términos

**Absorción:** Captación física o química de moléculas en el interior de un sólido o un líquido, de cuya combinación resulta una solución o un compuesto (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2005).

**Adsorción:** Fijación de moléculas en la superficie de un sólido o un líquido (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2005).

**Almacenamiento:** Proceso para la retención de CO<sub>2</sub> captado de manera que no llegue a la atmósfera (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2005).

**Biomasa:** Materia derivada recientemente de la biósfera (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2005).

Masa total de organismos vivos presentes en un área o volumen dados. El material vegetal muerto se puede incluir como biomasa muerta (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013).

**Captación y el almacenamiento de CO<sub>2</sub>:** Proceso consistente en la separación del CO<sub>2</sub> emitido por la industria y fuentes relacionadas con la energía, su transporte a un lugar de almacenamiento y su aislamiento de la atmósfera a largo plazo. Es considerada una de las opciones de la cartera de medidas de mitigación para la estabilización de las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2005).

**Carbono:** Elemento químico con símbolo C, de número atómico 6, abundantísimo en la naturaleza, tanto en los seres vivos como en el mundo mineral y en la atmósfera, que se presenta, entre otras, en forma de diamante y de grafito, constituye la base de la química orgánica y tiene gran importancia biológica (Asociación de Academias de la Lengua Española, 2019).

**Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>):** Gas de origen natural, subproducto también de la combustión de combustibles fósiles procedentes de depósitos de carbono fósil, como el petróleo, el gas o el carbón, de la quema de biomasa, y de los cambios de uso del suelo y otros procesos industriales (por ejemplo, producción de cemento). Es el principal gas de efecto invernadero antropógeno que afecta al equilibrio radiativo de la Tierra.

Es el gas utilizado como referencia para medir otros gases de efecto invernadero, por lo que su potencial de calentamiento global es igual a 1 (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013).

**Emisión de CO<sub>2</sub> de origen fósil:** Emisiones de CO<sub>2</sub> resultantes de la quema de combustibles extraídos de depósitos de carbono de origen fósil, como el petróleo, el gas y el carbón (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007).

**Fijación:** Inmovilización de CO<sub>2</sub> por su reacción con otro material para producir un compuesto estable (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2005).

**Parcela permanente de muestreo:** Es aquella que se establece con el fin de que se mantenga indefinidamente en el bosque y cuya adecuada demarcación permita la ubicación exacta de sus límites y puntos de referencia a través del tiempo, así como de cada uno de los individuos que la conforman, los cuales se analizan por medio de observaciones periódicas que permiten obtener el mayor volumen de información de un sitio y comunidades determinadas (Brenes, 2019).

**Sumidero:** Absorción natural de CO<sub>2</sub> de la atmósfera, generalmente en suelos, bosques u océanos (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2005).



