



**Por un Desarrollo
Agrario Integral
y Sostenible**

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

Facultad de Recursos Naturales y del
Ambiente

Trabajo de Graduación

Cuantificación de carbono fijado en el bosque tropical
húmedo secundario en el municipio de Bonanza, RAAN,
Nicaragua

AUTORES

Br: Danny Hernández
Br: Cándida Rosa Pérez

ASESORES

Dr. Domingo Rivas Cerda
Dr. Guillermo Castro Marín

Managua Nicaragua
Noviembre, 2011

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente

Trabajo de Graduación

Cuantificación de carbono fijado en el bosque tropical húmedo
secundario en el municipio de Bonanza, RAAN, Nicaragua

AUTORES

Br: Danny Hernández
Br: Cándida Rosa Pérez

ASESORES

Dr. Domingo Rivas Cerda
Dr. Guillermo Castro Marín

Managua Nicaragua
Noviembre, 2011



Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable tribunal examinador designado por la decanatura de la facultad: _____
como requisito parcial para optar al título profesional de:

Ingeniero Forestal

Miembros del tribunal examinador:

_____	_____
Dr. Benigno González	Lic. Cristóbal Medina
Presidente	Secretario

Ing. Juan José Membreño

Vocal

Lugar y Fecha (día/mes /año) _____

INDICE DE CONTENIDO

SECCIONPÁGINA

DEDICATORIA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
INDICE DE CUADROS	iv
INDICE DE FIGURAS	v
INDICE DE ANEXOS	vi
RESUMEN	vii
SUMMARY	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
III. MATERIALES Y MÉTODO	4
3.1. Ubicación del área de estudio	4
3.2. Características Biofísicas	5
3.2.1. Clima	5
3.2.2. Accidentes geográficos	5
3.3. Uso Potencial del suelo	5
3.3.1. Vegetación	6
3.4 Proceso metodológico	6
3.4.1 Descripción de los puntos de muestreos	6
3.4.2. Establecimiento de las parcelas de muestreo	8
3.5. Inventario forestal y recolección de submuestra	10

3.5.1. Sotobosque	11
3.5.2 Latizal y brinzal (regeneración natural)	13
3.5.3. Vegetación mayor a 10 centímetros de Dap	16
3.6. Submuestra de suelo	18
3.7. Calculo del la biomasa y carbono en el bosque	20
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	24
4.1. Índice de biodiversidad (Shannon-Wiener, Simpson)	24
4.2. Inventario Forestal	25
4.2.1. Numero de arboles por hectárea en regeneración	25
4.3. Vegetación mayor a los 10 cm de DAP (fustales)	27
4.4. Biomasa seca y carbono ($t\ ha^{-1}$) para cuatro edades del bosque tropical húmedo secundario	27
4.4.1 Sotobosque	27
4.4.2. Regeneración	29
4.4.3 Vegetación mayor a los 10 cm de DAP.	32
4.5. Carbono total encontrado por nivel de edad.	34
4.6. Tasa de Carbono	36
4.7. Carbono en el suelo por nivel de edad	37
V. CONCLUSIONES	39
VI. RECOMENDACIONES	40
VII. LITERATURA CITADA	41
ANEXOS	44

DEDICATORIA

A Dios padre el ser supremo y Rey de Reyes le doy gracias por estar conmigo en todo instante de mi vida. El amor y la dedicación han sido la razón por la cual llegue a realizar lo que más amaba, la cual no se logra sin la ayuda de nuestro señor Jesús, a pesar de muchos obstáculos siempre me dio la inteligencia y sabiduría. Gracias padre celestial.

A mis padres William Flores Pérez que me ha dado su apoyo incondicional, económico y moral. Sobre todo con amor te dedico mi trabajo de investigación, estoy orgullosa de ser tu hija te amo papá. A mi madre Ángela Martínez que nunca perdió la fe en mi, tu siempre confiaste en mi a pesar que los demás no creyeran en mi te agradezco por el ser el ser que mas adoro en esta vida Te amo. A mis Hermanos William Flores, Doyler Flores, Oscar Flores y familiares. A mi abuelita Cándida Suarez la extraño tanto y siempre la llevare en mi corazón porque tú fuiste mi mayor grande orgullo y muestra de esperanza por realizar mis sueños A quien amo, Oscar Osejo que también es la persona que ha estado conmigo en las buenas y en las malas. Te amo amor. A mis compañeros Elvin Riveras, Harold Maradiaga, Heriberto Ayola, Delio Calderón, Gustavo Espinoza a Zeyda Talavera mi consejera. A una amiga que la quiero, Gabriela Osorio, mil gracias por tu apoyo en todo los momentos cuando te necesite en el trascurso de mi carrera. Siempre te llevare en mi corazón. A mi compañero de Tesis Danny Hernández que fue una pieza fundamental en vida que lo quiero tanto como un gran amigo.

A mis profesores de FARENA que contribuyeron a mi formación como profesional, a mis profesores queridos Francisco Reyes, Edwin Alonso, Claudio Calero, Emelina Tapia, Juan Membreño, Justo Brenes y Miguel Garmendia. Los Sueños se pueden Realizar cuando tú tienes FE.

Br. Cándida Pérez Martínez

DEDICATORIA

A Dios fuente de todo bien por darme la sabiduría para llegar hasta este punto de la vida, por concederme salud y disfrutar de estos momentos y llegar a discernir lo bueno que he recibido de su parte.

A quienes con amor y sabiduría me formaron en el hogar y han sido ejemplos de padre. Alcides Hernández Martínez y María Ignacia Ruiz Condega quienes no estuvieron en las puertas de una escuela pero que con su paciencia, trabajo y esfuerzo lograron que llegara a coronar mi carrera.

A mis hermanos: Josué Hernández, Enoc Hernández y Fidel Hernández por el apoyo incondicional a los tres hermanos menores en nuestros estudios. A mi querida hermana Leoniditas Hernández y hermanos menores, Ever Gabriel Hernández y Germán Hernández que no me resta más que decirles que si se pudo. Es para ustedes.

A mis compañeros egresado en el año 2010, en especial a mi compañera de tesis Cándida Rosa Pérez por haber compartido muchas experiencias en el ámbito forestal, demostrando amor, entrega y positivismo a pesar de las adversidades que se presentaron a lo largo de nuestro trabajo de diploma, una compañera a la cual admiro mucho por su valentía, esfuerzo y firmeza que nunca dice no aunque tenga que sacrificarse para poder servir al semejante. A mis compañeros, Elvin Díaz Rivera, Delio Calderón Reyes y Harold Maradiaga que hemos compartido momentos de tristezas y alegrías tanto en los salones de clases como fuera; los desvelos, la paciencia, el perdón, el amor y el apoyo frente a las adversidades para continuar el camino de frente, sabiendo que una caída implica la oportunidad de soportarla con esperanza, con el consecuente de aprender de los errores propios, así como la amistad la cual no puedo definir ahora pero si intuir en su grandeza y valía. A ellos que sin importar el tiempo en que nos conocemos, la amistad que ha surgido sea fortalecido, permitiéndome decir como Aristóteles que "sin amigos nadie escogería vivir, aunque tuviese todos los bienes restantes"

Br. Danny Hernández R

AGRADECIMIENTOS

Nuestro Agradecimiento al Proyecto de Investigación Posdoctoral (DIEP-UNA) por habernos permitido realizar nuestro trabajo de diploma, a la Universidad Nacional Agraria por habernos formado como profesional.

A nuestros asesores Dr. Domingo Rivas y Dr. Guillermo Castro, en especial a nuestros profesores Ing. Emelina Tapia, Ing. Lucia Romero, Lic. Miguel Garmendia, Ing. MC Edmundo Umaña que de forma generosa e incondicional nos apoyaron para la realización del presente trabajo ya que ellos han sido un ejemplo a seguir para nuestra vida diaria.

Al Director del INATEC de Bonanza Ing. Edgar Tinoco por permitirnos trabajar en las fincas (El Tomatal y El Tigre Negro) y a la atención de la Empresa HEMCO en el sector Forestal, al Director Álvaro Peralta e Ing. Orlando Sánchez, por permitir realizar el estudio en la finca La Luna y La Noche.

Al Ing. M.Sc. Justo Castro Brenes por apoyarnos en la realización del mapa de las fincas e Ing. Álvaro Noguera por habernos facilitado la sala SIG para desarrollar parte de nuestro trabajo en digital. A nuestros compañeros de la generación 2010 y 2011 que realizaron tesis y han tenido la experiencia de trabajar en conjunto con nosotros en el ámbito forestal.

Br. Cándida Pérez Martínez

Br. Danny Hernández Ruiz

INDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Puntos de muestreos en el bosque tropical húmedo secundario en el municipio de Bonanza, RAAN, 2011	7
2. Intensidad de muestreo de las fincas de un bosque húmedo secundario en el municipio de Bonanza RAAN, 2011	10
3. Inventario forestal para tres distintos estratos vegetales en el bosque tropical húmedo secundario, Bonanza RAAN, 2011	17
4. Índice de biodiversidad en el sotobosque de diferentes edades (2, 10, 17, 22 años) en municipio de Bonanza, RAAN, 2011	24
5. Árboles y volumen por hectárea para las edades de 17 y 22 años en el bosque tropical húmedo secundario Bonanza RAAN, 2011	27
6. Valores generales de Carbono en la biomasa de bosques tropicales	35
7. Carbono total en la biomasa aérea por cada edad y por estrato en el bosque tropical húmedo secundario de Bonanza, RAAN 2011	36
8. Tasa anual de fijación de carbono por edad y estrato del bosque tropical húmedo secundario en el municipio de Bonanza, RAAN, 2011	37

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Ubicación del municipio de Bonanza en la Región del Atlántico Norte de Nicaragua, 2011. (Fuente: Software ArcView 3.1)	4
2. Formas de las parcelas en cuatro áreas estudiadas en el municipio de Bonanza RAAN, 2011.	8
3. Diseño de las parcelas establecidas para el inventario y toma de submuestra de las especies en el bosque tropical húmedo secundario de Bonanza RAAN, 2011	9
4. Número de individuos por hectárea encontrado en las diferentes edades del bosque tropical húmedo secundario, municipio de Bonanza, RAAN, 2011	26
5. Volumen por hectárea encontrado en las diferentes edades del bosque tropical húmedo secundario municipio de Bonanza, RAAN, 2011.	26
6. Biomasa seca y carbono almacenado en el sotobosque para cada edad del bosque tropical húmedo secundario en el municipio de Bonanza, RAAN, 2011.	28
7. Comportamiento del carbono a medida que aumenta la diversidad de especies para cuatro edades del bosque del municipio de Bonanza, RAAN, 2011.	29
8. Biomasa seca y carbono almacenado en regeneración natural para cuatro edades del bosque en el municipio de Bonanza, RAAN, 2011.	31
9. Comportamiento del carbono almacenado a medida que aumenta el volumen en tres edades del bosque en el municipio de Bonanza, RAAN, 2011.	32
10. Biomasa seca y carbono almacenado en $t\ ha^{-1}$ de la vegetación mayor a los 10 cm de diámetro dos edades del bosque en el municipio de Bonanza, RAAN	33
11. Comportamiento del carbono almacenado a medida que aumenta el volumen para tres edades del bosque en el municipio de Bonanza, RAAN, 2011	34
12. Carbono fijado en los primeros 20 centímetro de profundidad del suelo para cada edad del bosque en el municipio de Bonanza, RAAN, 2011.	38

INDICE DE ANEXOS

ANEXOPÁGINA

1. Especies presentes en diferentes edades (2, 10, 17 y 22 años) de el sotobosque para el bosque tropical húmedo secundario de Bonanza RAAN, 2011 45
2. Especies de regeneración (Brinzales y Latizales) encontradas en el área de estudio de diferentes edades (2, 10, 17, 22 años), en un bosque tropical húmedo secundario Bonanza RAAN, 2011 45
3. Especies en estado fustal encontradas en el área de estudio de distintas edades (2, 10, 17,22 años), en un bosque tropical húmedo secundario Bonanza RAAN, 2011. 46
4. Formato de Registro para la toma de datos en diámetro basal y altura en un bosque tropical húmedo secundario Bonanza RAAN, 2011 47
5. Diferencias significativas entre las edades según Duncan en sotobosque, regeneración, vegetación mayor a 10 cm de Dap y suelo del bosque tropical húmedo secundario Bonanza RAAN, 2011 48
6. Especies derribadas en la toma de muestras para determinar el carbono fijado en cuatro edades en el bosque tropical húmedo secundario, Bonanza RAAN, 2011 49

RESUMEN

El presente estudio se realizó en el municipio de Bonanza RAAN, con el objetivo de determinar el carbono fijado en la biomasa aérea y suelo en cuatro edades (2, 10, 17 y 22 años) del bosque tropical húmedo secundario. El levantamiento de la información se llevó a cabo con un inventario forestal aleatorio con parcelas rectangulares de 200 m². En esta se evaluó la vegetación mayor a 10 cm de diámetro, se cortó el árbol promedio para pesarlo y extraer muestras de hoja, rama y fuste y obtener la biomasa y el porcentaje de carbono; igualmente se hizo en las sub-parcelas de 25 m² donde se midió la vegetación >2 pero <10 centímetros. También se estableció una sub-subparcela de 1m² donde se pesaron tanto hojas como ramas y se recolectó submuestra de cada componente, tres submuestra de suelo con cilindros de volumen conocido para la densidad aparente y 1 kg de suelo para el cálculo del carbono a nivel de laboratorio. Se calcularon los índices de diversidad Shannon-Wiener y Simpson para parcelas de 1m² donde se encontró mayor diversidad a los 17 años de edad y menos diversidad los 22 años. En cuanto al inventario de la vegetación >10 cm, a los 22 años se encontró el mayor número de árboles y volumen por hectárea con (483.33 individuos y 62.64 m³) respectivamente. En cuanto a la regeneración el mayor número de árboles se encontró a los 2 años con 3600 árboles por hectárea y el mayor volumen a la edad 22 años con 20.06 m³. La edad con mayor cantidad de carbono fijado en la biomasa arriba del suelo fue la de 10 años con 18 t C ha⁻¹ y de menor la de 2 años con 5.96 t C ha⁻¹. En el carbono del suelo la edad de 17 años fue quien presentó la mayor cantidad fijada de 47.91 t C ha⁻¹ y en menor cantidad a los 2 años con 20.47 t C ha⁻¹.

SUMMARY

This study was conducted in the municipality of Bonanza-RAAN, in order to determine the sequestered carbon in aerial biomass, litter, and soil at four ages (2, 10, 17 and 22) of secondary humid tropical rainforest. The gathering of information was conducted with a random forest inventory using rectangular plots of 200 m². The vegetation was assessed more than 10 cm in diameter, average tree was cut to weigh and take samples of leaf, branch and stem and obtain the percentage of biomass and carbon also was made in the sub-plots which measured 25 m² vegetation > 2 but < 10 cm. Also established a sub-subplot were weighed 1 m² where both leaves and branches and sub-sample was collected for each component, three cylinders of soil subsample of known volume for bulk density and 1 kg of soil carbon in calculating level laboratory. We calculated diversity indices Shannon-Wiener and Simpson 1 m² plots where greater diversity was found at 17 years old and less diverse at age 22. As the inventory of vegetation > 10 cm, at age 22 found the greatest number of trees and volume per hectare (483.33 individuals and 62.64 m³), respectively. As for the regeneration the largest number of trees was found to 2 years with 3600 trees per hectare and the largest volume at age 22 years with 20.06 m³. Age with as much carbon stored in above-ground biomass was 10 years with 18 t C ha⁻¹ and less than 2 years with the 5.96 t C ha⁻¹. Soil carbon in the age of 17 years was fixed as much 47.91 t C ha⁻¹ and less than 2 years with 20.47 t C ha⁻¹.

I. INTRODUCCIÓN

Centroamérica continúa preparándose para la implementación de acciones concretas dirigidas hacia la mitigación de cambio climático, en particular, en actividades forestales dentro de los lineamientos del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) bajo el protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) (Rojas *et al.*, 2003).

Años atrás se inicio a considerar a los ecosistemas forestales como posibles sumideros de bióxido de carbono atmosférico, el principal gas causante sobre nuestro planeta del calentamiento global producto de su emisión hacia la atmósfera. La mitigación de éste gas involucra a todos los habitantes del planeta Tierra, principalmente aquellos países desarrollados emisores de grandes cantidades de este gas. Con el tiempo, esto se ha visto en la obligación de buscar alternativas como las antes mencionadas, inclusive como impulsar programas de pagos por servicios ambientales en países con gran potencial forestal que cumplan con los requisitos de Kyoto.

Se calcula que Centro América podría llegar a comercializar en el mercado internacional unos 250 millones de toneladas de carbono durante el periodo 2003-2012, según resultado del estudio sobre el potencial de mitigación y de la región realizado por el Proyecto de Bosque y Cambio Climático en América Central (PBCC). El total estimado del potencial neto de captura de carbono con proyecto Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) se estima en 250, 334,933 t m C (Rojas et al., 2003).

Nicaragua actualmente posee el 32.87 % de su territorio con bosques protegidos bajo la categoría de parques nacionales y otras denominaciones, 1, 233,988 ha en bosque primario y 1, 353,199 ha en bosque secundario en variadas etapas de sucesión. Posee además aproximadamente 73,679 ha de plantaciones forestales, con diversas especies, una tasa de reforestación anual de 70,000 ha, principalmente con especies nativas de rápido crecimiento y muchas áreas en sistemas agroforestales y silvopastoriles con diferente grado de manejo (INAFOR, 2009).

Nicaragua posee una de las áreas de Centroamérica con bosque húmedo, la zona Atlántica, la cual posee grandes extensiones de terrenos subutilizados o bajo usos del suelo no acordes a su capacidad de uso, en donde, entre otras razones, las prácticas inadecuadas en actividades agropecuarias, provocan año tras año grandes pérdidas al país. Aunque se reconoce la importante labor de los bosques (primarios y secundarios), sistemas agroforestales, pastos y rastrojos en la regulación del ciclo del carbono y en el control de cambio climático (calentamiento de la tierra, regulación de ciclos vitales como por ejemplo carbono, nutrientes y agua), como importantes sumideros de carbono (Brown, 1997) y otros beneficios (control de erosión, belleza escénica, alimento, fármacos, etc.), la explosión demográfica desmedida ocurrida en las últimas décadas 90 ha provocado una presión sobre los recursos naturales poco controlables con una tasa de deforestación que equivale a una pérdida promedio de 64 mil hectáreas por año, y en estos últimos 50 años ha desaparecido el 51% de los bosques de Nicaragua y el 47,35 % en 2000 (INAFOR, 2009).

El caso tal vez más conocido son los ecosistemas forestales tropicales y más aún los de bosque húmedo, que son considerados uno de los más ricos y productivos a nivel mundial. No es un secreto los grandes cuestionamientos sobre el aprovechamiento de los bosques en lo que se ha conocido como el pulmón del mundo “El Amazonas”.

Los bosques secundarios son ecosistemas de rápido crecimiento, por lo que en ellos se fijan grandes cantidades de carbono (C) en periodos de tiempo cortos (Feldpausch *et al.*, citado por Chacón, 2007). La conversión de pasturas abandonadas a bosques secundarios y plantaciones forestales constituye una alternativa para incrementar las tasas de fijación de C, con el beneficio adicional de aumentar la biodiversidad local (Silver *et al.*, citado por Chacón, 2007).

Son pocos los estudios realizados para analizar el potencial fijador de C en la biomasa de los bosques secundarios en Nicaragua, y aún en menor cantidad, en la región tropical húmeda de este país.

La presente investigación pretende aportar información sobre la capacidad de los bosques secundarios para fijar C en su biomasa aérea en la región tropical húmeda de Nicaragua.

II. OBJETIVOS

Objetivo general

Estimar el carbono fijado en cuatro edades diferentes del bosque tropical húmedo secundario ubicado en el municipio de Bonanza del Triangulo Minero RAAN, Nicaragua.

Objetivos específicos

Evaluar la diversidad y densidad de especies presentes en las edades del bosque.

Evaluar el contenido y comportamiento del carbono con respecto a la diversidad y al volumen.

Establecer la tasa de fijación de carbono para las edades del bosque evaluado.

Determinar el contenido de carbono en el suelo en los primeros 20 cm de profundidad.

III. MATERIALES Y MÉTODO

3.1. Ubicación del área de estudio

El municipio de Bonanza está ubicado en el sector central de la Región Autónoma Atlántico Norte (RAAN), las coordenadas geográficas de la Ciudad del Bonanza están entre 14° 01' de latitud Norte y 84° 35' de longitud Oeste. La extensión territorial es de 2039 km² y la cabecera municipal está ubicada a 480 Km de Managua. Limita al Norte con el municipio de Waspán, al Sur con el municipio de Siuna, al Este con el municipio de Rosita y al Oeste con el de Municipio del Cuá Bocay (OPHDESCA, 1999)(Figura 1).

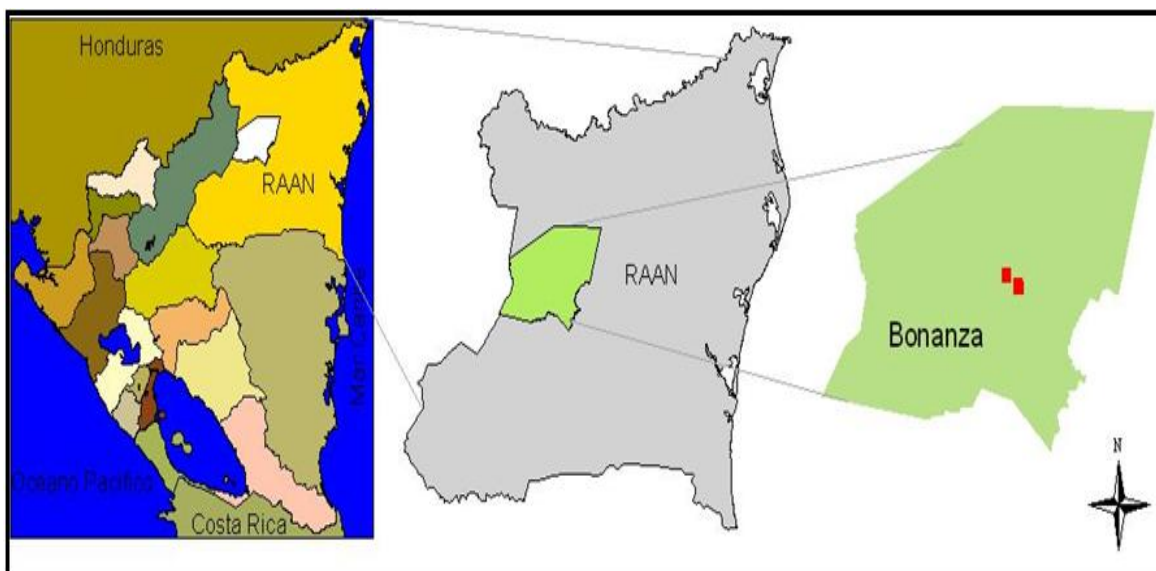


Figura 1. Ubicación del municipio de Bonanza en la Región del Atlántico Norte de Nicaragua, 2011. (Fuente: Software ArcView 3.1)

3.2. Características Biofísicas

3.2.1. Clima

Según la clasificación climática de Koppen el municipio de Bonanza es categorizado como clima monzónico, con temperatura promedio anual de 25°C a 26 °C y con precipitación promedio anual que varían en 2000 mm a 4000 mm. (INETER *en línea*).

3.2.2. Accidentes geográficos

Desde el punto de vista geológico, Bonanza está situado sobre rocas volcánicas del terciario. El municipio forma parte de los 7,300 km² que comprende la reserva forestal de Bosawás. La topografía está compuesta por cerros de mediana elevación, presentando un relieve muy irregular.

En el municipio existen dos presas que generan energía hidroeléctrica: Salto Largo y Siempre Viva. Ambas presas, son las principales fuentes de energía de la empresa minera y del núcleo urbano de Bonanza.

En el municipio nacen algunos de los ríos más importantes del triángulo minero (Siuna, Bonanza y Rosita), entre ellos, el Bambana, Waspuk y el Kukalaya (OPHDESCA, 1999).

3.3. Uso Potencial del suelo

La mayor parte de los suelos del municipio de Bonanza son ácidos, presentan fundamentalmente una vocación forestal y sólo una pequeña produce granos para auto consumo y un excedente muy bajo para comercialización. Son suelos aptos para el desarrollo de grandes bosques de madera preciosa, semipreciosa y madera dura para la construcción.

Al Este y Noreste del municipio, los suelos permiten que se desarrollen actividades agrícolas y ganaderas. Conforme a esta característica se han podido clasificar los suelos en tres grandes categorías: Forestal, Agroforestal, Agropecuario. La mayor relevancia en área es la categoría forestal con 1,167.12 Km²(OPHDESCA, 1999).

3.3.1. Vegetación

Todos los bosques latifoliados son del tipo perennifolio. La mayor parte de las especies vegetales se extienden en toda la región, por lo menos entre 5000 m de extensión de tierra de 52,000 km² que abarca el 83% de las tierras de toda esta región. Actualmente, más del 80% del territorio está cubierto de bosque latifoliados, este bosque posee un estrato intermedio de especies más pequeñas con alturas que varían entre 5 y 20 m. La intervención sobre el bosque ha dado lugar a zonas de bosque ralo mezclado con vegetación herbácea que significan el 5.53% de cobertura de suelo distribuidas de forma concentrada alrededor de la cabecera municipal y paralelas a la carretera principal(OPHDESCA, 1999).

3.4 Proceso metodológico

3.4.1 Descripción de los puntos de muestreos

El estudio se realizó en tres fincas con diferentes edades, todas a distintas direcciones de la ciudad de Bonanza, aproximadamente a 2.5 km, en la zona de amortiguamiento de la Reserva Biológica de Bosawas. Las fincas a inventariar fueron facilitadas por el Ing. Edgar Tinoco (El Tomatal y El Tigre Negro) y por la empresa HEMCO Minera, Energía y Forestal. (La Luna y La Noche). El área de cada una de ellas fue diferente, en dependencia de la disponibilidad y autorización de cada dueño (Figura 2).

La edad es referida al tiempo en años en que se ha dejado descansar una determinada área (barbecho) previamente utilizada (cultivo o extracción de oro) e independientemente si en ella se incluyen distintos estratos vegetales (Sotobosque, regeneración o fustales). Para determinar la edad, el dueño de la finca nos orientaba sobre la edad que tenía la vegetación que nos proporcionaba para realizar el inventario (Cuadro 1).

Cuadro 1. Puntos de muestreos en el bosque tropical húmedo secundario en el municipio de Bonanza, RAAN, 2011

Finca	Edad (Años)	Área(ha)
El Tomatal	2	2.12
El Tomatal	10	0.62
El Tigre Negro	17	0.45
La Luna y la Noche	22	3.03

Finca El Tomatal (edades de 2 años y 10 años)

Esta finca se ubica en las coordenadas UTM x=761124; y=1552114, es un área donde se encontró que la vegetación tenía dos edades distintas. Un área de dos años y de 2.12 ha que se ocupa para el cultivo de granos básicos (maíz y frijol) para el auto consumo y una segunda de 10 años y de 0.62 ha sin ningún manejo de la cual extraen leña para el abastecimiento del hogar y a futuro vista como área de pastoreo una vez que se corten todas las plantas.

Finca El Tigre Negro (edad de 17 años)

Esta finca se ubica en las coordenadas UTM x=760958; y=1552485, con un área de 0.45 ha y sometida a excavaciones para la extracción de oro. Este se ha visto perturbado por la corta de especies como la (cola de pava) *Cupania glabra* para el uso en la construcción de los túneles (como soporte) de la minería tradicional. Es un área sin manejo por lo que las especies se extraen de manera selectiva y de acuerdo a la necesidad del que la utiliza.

Finca la Luna y la Noche (edad de 22 años)

Se encuentra ubicada en las coordenadas UTM x=758556; y=1553907, es un escenario actualmente manejado por la empresa HEMCO (Minería, Energía y Forestal), abarca una área de 3.03 ha. El tipo de manejo es enriquecimiento del área con plantas de especies nativas de la zona principalmente de la familia Meliaceae, como *Swietenia macrophylla* (Caoba de Atlántico), *Carapa guianensis* (Cedro Macho) y *Cedrela odorata* (Cedro Real).

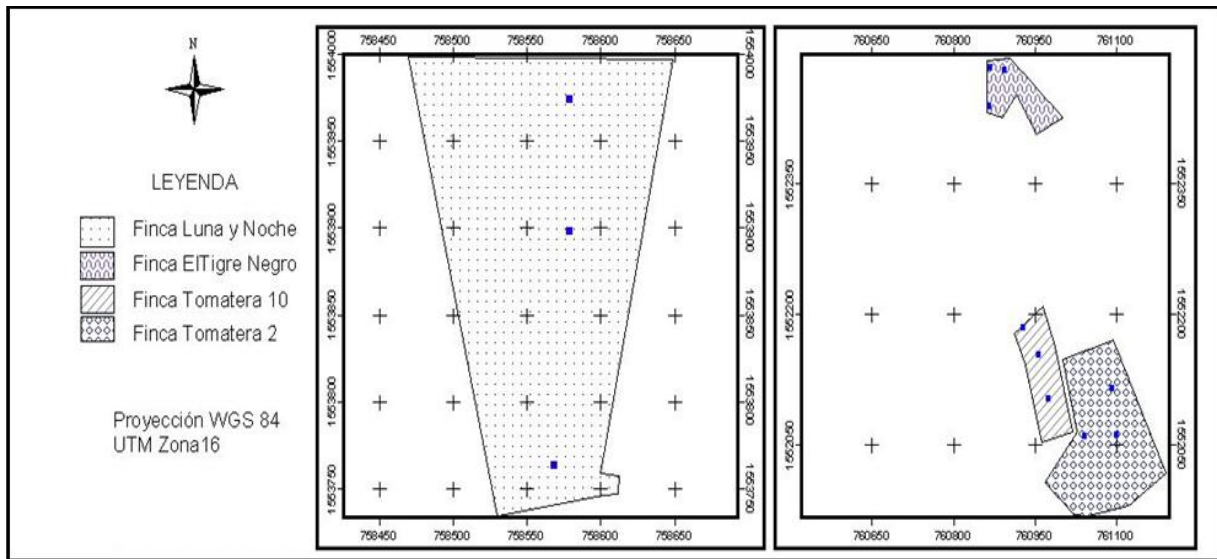


Figura 2. Formas de las parcelas en cuatro áreas estudiadas en el municipio de Bonanza RAAN. 2011.

3.4.2. Establecimiento de las parcelas de muestreo

En un bosque latifoliado, debido a su alta heterogeneidad, siempre se recomienda establecer parcelas largas y angostas para cubrir una mayor área de terreno y tener una máxima eficiencia y mínimo sesgo (CATIE 2002). Comúnmente las parcelas se establecen de 20x50 m pero en nuestro estudio se usaron parcelas temporales con dimensiones de 10 x 20 metros con el objetivo de obtener el mayor número de repeticiones posibles además de disminuir los costos en la operación. Con una brújula, cinta métrica y ayuda de un reconocedor, se establecieron tres parcelas por edad, utilizando un diseño completamente aleatorio quedando las parcelas a diferentes distancias.

El proceso de sorteo de las parcelas, se realizó colocando cuatro papelitos en una bolsa con distancias diferentes y sus respectivos rumbos francos; 20 metros E, 30 metros W, 40 metros N y 50 metros S. De un punto cualquiera del área a inventariar se extraía el primer papel de la bolsa y a la distancia y rumbo correspondiente se colocó la primera parcela, la segunda y tercer parcela se colocaron en secuencia, es decir, de la primera a la segunda y de esta a la tercera pero respetando la distancia y rumbo extraída en el sorteo.

Este es un proceso en el cual se reduce el sesgo, ya que muchas veces en el campo se cometen esos errores, principalmente cuando se usa el método de lanzar una piedra en estratos bajos, donde se puede aumentar o disminuir la fuerza para lanzar o cuando se utiliza el método de los pasos donde se puede calcular la distancia a la que puede caer una parcela.

Las parcelas establecidas tenían un área de 200 m² donde se midió la vegetación > a 10cm de Dap y dentro de esta se colocó una subparcela de 5x5 m para medir la regeneración natural además de una sub-subparcela de 1x1 m para evaluar el sotobosque (Figura 3).

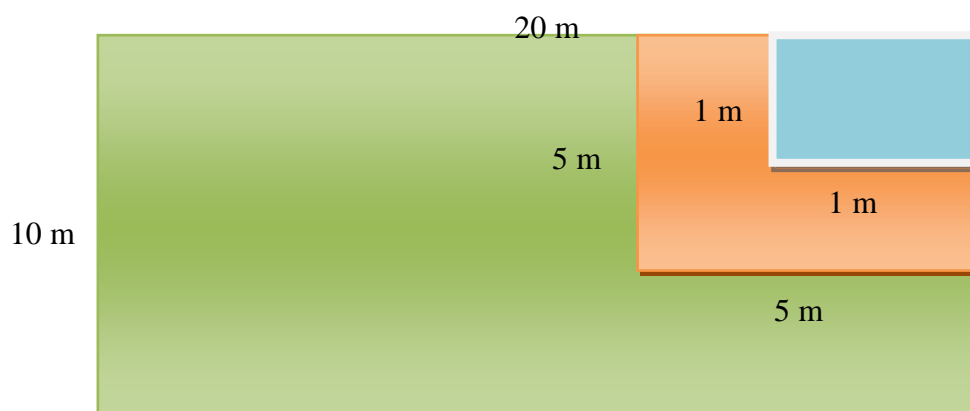


Figura 3. Diseño de las parcelas establecidas para el inventario y toma de submuestra de las especies en el bosque tropical húmedo secundario de Bonanza RAAN, 2011.

Es importante saber la intensidad a la que se realizó el inventario para saber qué porcentaje del área total se está inventariando. En cada una de las fincas esta varió ya que presentaron áreas diferentes. La intensidad (I) de muestreo se realizó en base al producto del tamaño de las parcelas por la cantidad de parcelas que es la área muestreada (Am) en hectárea, luego este producto se dividió entre el área total de la finca (AT) en hectárea, esta proporción se transformó a porcentaje al multiplicarse por 100 (CATIE, 2002).

Intensidad de muestreo (%)

Ecuación 1.

$$I = \frac{Am}{AT * 100}$$

Donde:

I: Intensidad de muestreo (%)

Am: Área muestreada (ha)

AT: Área Total (ha)

En el municipio de Bonanza se trabajó en un bosque de 6.22 ha donde se establecieron 3 parcelas por finca para un total de 12 parcelas temporales y una intensidad total de muestreo de 27.82 % (Cuadro 2).

Cuadro 2. Intensidad de muestreo de las fincas de un bosque húmedo secundario en el municipio de Bonanza RAAN, 2011

Finca	Edad(años)	Área Total (ha)	Cantidad de parcelas	Área Muestreada (ha)	Intensidad de Muestreo (%)
El Tomatal	2	2.12	3	0.06	2.83
El Tomatal	10	0.62	3	0.06	9.68
El Tigre Negro	17	0.45	3	0.06	13.33
La Luna y La Noche	22	3.03	3	0.06	1.98
Total		6.22	12	0.24	27.82

3.5. Inventario forestal y recolección de submuestra

Los inventarios forestales han sido utilizados como puntos de partida para la estimación de biomasa y carbono (Brown y Lugo, 1992).

Monitorear el carbono fijado anualmente, requiere de una serie de inventarios para estimar los cambios temporales en la reserva de carbono; además los inventarios de carbono pueden mejorar el monitoreo de las especies maderables de valor comercial.

Según Brown *et al.* (1989) las estimaciones de biomasa a nivel regional, nacional o mundial no deberían basarse en pocas parcelas de medición directa, porque las muestras a esta escala no son representativas.

En estas situaciones proponen utilizar la información de inventarios forestales los que logran suficiente cobertura de superficie para representar la población de interés.

3.5.1. Sotobosque

La definición de sotobosque de la Real Academia de la Lengua Española es: “Vegetación formada por matas y arbustos que crece bajo los árboles de un bosque”

El sotobosque está constituido por los estratos arbustivos y herbáceos, que representan un elemento estructural de importancia en la dinámica del bosque, especialmente si se considera que los individuos que conforman el dosel arbóreo superior durante una etapa de su vida forman parte del sotobosque (Gajardo y Serra, 1979).

Dentro de las parcelas de 200 m², se trabajó en las parcelas de 1 m², donde, se cuantificó la cantidad de individuos y especies presentes en esa área, esto con la finalidad de calcular los índice de biodiversidad de Shannon-Wiener e índice de diversidad de Simpson, que lleva a determinar la cantidad de especies involucradas en el aporte de la biomasa y contenido de carbono (Cuadro 3).

El procedimiento solo se aplicó para parcelas de tales dimensiones dado que fueron las únicas donde se extrajo toda la vegetación. Para el cálculo de los índices se utilizó el programa estadístico *Pastpaleontological* versión 2.1 (2011. <http://www.nhm.uio.no/norges/past/download.html>).

Las formulas más comunes utilizadas para estos cálculos son:

Índice de Shannon – Wiener

Ecuación 2.

$$H' = - \sum_{i=1}^s [(ni/n) \ln(ni/n)]$$

Donde:

ni: Numero de individuos que pertenecen a la i-esima especie en la muestra

n: Numero total de individuo en la muestra

ln: Logaritmo natural

Índice de Simpson

Ecuación 3.

$$D = \frac{\sum_{i=1}^S n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Donde:

D: Dominancia

S: número de especies

N: total de individuos presentes

n: número de ejemplares por especie

Preparación de la submuestra

En los ecosistemas forestales, el carbono se acumula en tres componentes pero en nuestro estudio solamente evaluamos dos componentes “carbono de biomasa arriba del suelo” y “carbono en el suelo” el otro componente que es la hojarasca y material en descomposición no se tomó en cuenta por la falta de recurso tanto humanos como económicos, evaluar este componente requiere de mucho tiempo lo que implica mayor gasto.

Para la vegetación herbácea (MacDicken, 1997) propone usar marcos rígidos cuadrados o circulares con área de 1m^2 .

En parcelas de (1m^2) se evaluó el sotobosque, para lo cual sepicó y recolectó todo lo encontrado dentro de esta área, incluyendo las herbáceas y lianas. Con una balanza de gramos se pesaron las hojas tanto verdes como las ramas dentro de la misma y de esta manera obtener el peso fresco del material vegetal encontrado. Se recolectó una submuestra de 500 g por parcela tanto de hojas como de ramas para llevarlas al laboratorio y determinar el porcentaje de humedad y de carbono. Las lianas fueron incluidas como ramas y la grama como hojas.

3.5.2 Latizal y brinzal (regeneración natural)

Brízales: Estado de desarrollo de las especies forestales que forman parte de la regeneración natural con alturas desde 0.30 metros hasta menores de 1.5 metros

Latizal bajo: Estado de desarrollo de las especies arbóreas, en el manejo forestal se consideran una categoría de regeneración con dimensiones que van desde 1.5 centímetros hasta 4.9 centímetros de DAP.

Latizal alto: Estado de desarrollo de las especies arbóreas, en el manejo forestal se consideran una categoría de regeneración con dimensiones que van desde 4.9 centímetros hasta 9.9 centímetros de DAP.(MARENA, sf¹).

Estos tres estados de desarrollo a lo largo del documento se conocen con una sola denominación “regeneración natural” dado que ambas son parte de esta.

En la parcela de 200 m^2 , se delimitó una subparcela de 25m^2 , donde se inventarió la regeneración natural, con una cinta diamétrica se midió toda la vegetación menor a los 10 cm pero mayor a 2 cm de diámetro.

¹Clave sf: Sin fecha.

Este fue medido a los 30 cm de la superficie del suelo por ser plantas de fuste corto (Cuadro 3). Para la recolecta de esta información se utilizó el formato de campo diseñado para arboles mayores a los 10 cm de diámetro (Anexo 4).

Es importante tener una noción del número de árboles y volumen que aportan a una determinada cantidad de biomasa y carbono, he aquí su importancia, además de saber si la densidad y volumen interfiere en la fijación de carbono, para lo cual se necesita calcular estos parámetros en las cuatro edades. También con esta información se facilita el cálculo, si fuera el caso de hacer estimaciones de biomasa y carbono a través de la densidad aparente de la madera y volumen del árbol.

Para el cálculo del volumen se utilizó el factor de forma de 0.5 que es utilizado en latifoliadas y cuando se conoce la altura total del árbol. Para obtener los datos por hectárea se dividió la cantidad encontrada entre el área muestreada.

Las formulas usada en estos cálculos fueron las siguientes:

Área Basal

Ecuación 4.

$$G = 0.7854 D_{ap}^2$$

Donde:

G: Área basal (m²)

Dap: Diámetro a la altura pecho

Volumen de madera (CATIE, 2002)

Ecuación 5.

$$V = G * H * Cf$$

Donde:

V: Volumen (m³)

G: Área basal (m²)

Cf: Coeficiente de forma (0.5)

Área Muestreada (CATIE, 2002)

Ecuación 6

$$A_m = T_p * C_p$$

Donde:

A_m: área muestreada

T_p: tamaño de la parcela

C_p: cantidad de parcelas

Preparación de las submuestra

Para la toma de muestras en la regeneración y arboles mayores a 10 cm de Dap se usó la técnica del árbol promedio propuesta por (MacDicken, 1997). Esta técnica puede ser una opción más económica que los métodos alométricos.

El concepto es que un árbol de tamaño promedio tendrá también biomasa promedio; para esto, el área basal tiende a ser un buen indicador de la biomasa total. Los arboles seleccionados se cortan y se cuantifica su biomasa, y se multiplica el peso del árbol promedio por la densidad de arboles del sistema para obtener un estimado de la biomasa total.

Pueden incluirse algunas modificaciones, tales como un muestreo estratificado, el método de la relación de área basal o la utilización de valores promedios ponderado (MacDicken, 1997). El número de árboles por corta depende del número de estratos del sistema.

Para obtener las submuestra del árbol promedio presente en cada una de las parcelas de (25m²) se extrajo una planta por parcela, para un total de 3 especie por edad. Las especies derribadas y de mayor frecuencia fueron: para la edad de 2 años;(Cordoncillo)*Pipersp*, (Santamaría) *Calophyllumbrasiliensis* y (Guayaba)*Psidiumguajaval*;en la edad de 10 años las especies (Concha de Cangrejo)*Dendropanaxarboreus*, (Capirote)*Miconiaprasinay*(Guama)*LonchocarpusseriaceusL*; en la edad de 17 años (Varia negra) *Cerdanagerascanthus*, (Chichicaste)*Ureracaracassasay*(Caretillo) *Alvaradoraamorphoides* para la edad de 22 años (Concha de Cangrejo)*Dendropanaxarboreus*,(Cordoncillo)*Pipersp*, (Guaba) *Inga sp*(Anexo 6).

De los individuos seleccionados se separaron sus hojas, ramas y fuste para colocarlos en bolsas plásticas y pesarlos en una pesa en gramos (g), obteniendo de esta manera el peso fresco. De cada parte del árbol (fuste, ramas y hojas) se tomaron submuestra de 500 g, se empacaron en bolsas de papel kraft y se sellaron con cinta adhesiva poniendo la información necesaria con un marcador permanente, nombre de la finca, edad, estrato de la vegetación, fecha de recolección de la submuestra, nombre del recolector. Todas las submuestra se llevaron al laboratorio de la Universidad Nacional Agraria (UNA) para obtener el contenido de carbono, el peso seco y contenido de humedadde cada una de ellas.

3.5.3. Vegetación mayor a 10 centímetros de Dap

La medición de esta vegetación se realizó en las parcelas de 200 m² y en las edades de 17 años y de 22 añospor presentar especies >10 cm de Dap (cuadro3).

En este caso el diámetro se midió a 1.30 m sobre el nivel del suelo e igualmente se calculó el numero de arboles y volumen por hectárea.

Las dos especies que se tumbaron para la toma de submuestra fueron las más frecuentes y de diámetro promedio en cada edad, siendo (Capulín)*Muntingiacalabura* para la edad de 17 años y (Concha de Cangrejo) *Dendropanaxarboreus* para la edad de 22 años (Anexo 6). Un diámetro promedio de 15.97 cm para la edad de 17 años y 17.24 cm para la edad de 22 años.

Cuadro 3. Inventario forestal para tres distintos estratos vegetales en el bosque tropical húmedo secundario, Bonanza RAAN, 2011

Edades inventariadas	Área de parcela	Estrato	Variable
2,10,17 y 22	1 m ²	Sotobosque	Cantidad de Especies
2,10,17,y,22	25 m ²	Regeneración	Diámetro >2 <10 cm Altura (H)
17 y 22	200m ²	Vegetación >10 cm Dap	Diámetro (Dap), Altura (H)

Preparación de la submuestra

El árbol a tumbar se seleccionó después de realizado el inventario, se sumaron los diámetros de la especie con mayor frecuencia en las tres parcelas y se dividieron entre el total de árboles encontrados, se derribó un árbol por edad.

Para facilitar el pesado total del árbol, el fuste se seccionó en trozas usando una motosierra, se colocaron en un saco y luego en una pesa en kilogramos para obtener el peso fresco. De las primeras tres trozas (mayor diámetro) se tomaron submuestra de 500 g.

Las hojas y ramas del árbol se separaron, consiste en desprender manualmente el follaje total del árbol, colocarlo en un saco y pesarlo. Las ramas se seccionaron en pequeñas partes y se pesaron. Una vez terminado el proceso del pesaje total de hojas y ramas del árbol, se procedió a recolectar tres submuestra tanto de hojas como de ramas.

Todas las submuestras de la biomasa aérea fueron trasladadas al laboratorio, donde fueron secadas al horno a una temperatura de 70 °C por 3 días, para determinar el peso seco y contenido de carbono².

3.6. Submuestra de suelo

El carbono en el suelo es el carbono almacenado en la capa que conforma el suelo forestal, se origina por la fragmentación de la roca madre meteorizada por el establecimiento de un organismo vegetal que con el tiempo forma una capa por deposición de materiales al irse acumulando y compactando, almacenando una cierta cantidad de carbono (Locattelli, 1999)

El muestreo de suelo se realizó en las sub-subparcela de 1m². Se limpió el área y se determinó la densidad aparente utilizando el método del cilindro de volumen conocido. Fueron colocados tres cilindros en el centro de la parcela, presionándolos sobre el suelo de tal forma que quedaran a nivel con la superficie externa, luego con un palín fueron extraídos teniendo el cuidado que el cilindro permaneciera lleno con el suelo, se colocaron sus tapones para ponerlos en una bolsa y etiquetarla con la información correspondiente.

La fórmula de Densidad aparente es:

Ecuación 7

$$D_a = \frac{PSS}{V}$$

Donde:

Da: Densidad aparente (g cm⁻³)

PSS: Peso de suelo seco (g)

V=: Volumen conocido del cilindro (100 cm³)

²Información brindada por el Laboratorio de Suelo y Agua de la Universidad Nacional Agraria.

Posteriormente con una cinta métrica, se midió la profundidad de muestreo (20 cm) en el palín, de la punta hacia arriba y se colocó una marca; luego con este se extrajo la submuestra de aproximadamente un kilogramo de suelo.

Se determinó el contenido de carbono expresado en porcentaje, en el Laboratorio de Suelos y Agua (LABSA) de la Universidad Nacional Agraria (UNA).

El método utilizado fue la relación 2:1 de ácido:Dicromato, indicada originalmente por Walkley-Black la cual resulta ser la óptima para alcanzar temperaturas cercanas a los 120-140 °C, y para ello es conveniente una rápida disolución del ácido, lograda a través de la agitación orbital del recipiente de reacción (tubo Erlenmeyer), evitando que queden partículas de suelo adheridas a las paredes del mismo y fuera del alcance de la mezcla oxidante (Valverde *et al.*, 2005).

El nivel de oxidación dependerá no sólo de la temperatura máxima alcanzada, sino también de la persistencia del calor generado. Por ello, tanto el recipiente utilizado en la reacción como el grado de aislamiento del medio son factores determinantes que regulan el control de la temperatura y que necesariamente deben ser normalizados (Valverde *et al.*, 2005).

Con los datos de laboratorio, se procedió al cálculo del carbono acumulado en el suelo a través de la fórmula siguiente:

Carbono en el Suelo

Ecuación 8.

$$Cs = \frac{CO}{100} * Da * Pr * 10000$$

Donde:

Cs: Carbono en el suelo (%)

CO: Porcentaje de carbono obtenido en el laboratorio por nivel (%) (Schlegelet *al.*, 2002)

Da: Densidad aparente obtenido del laboratorio ($t\ m^{-3}$).

Pr: Profundidad a la que fue tomada la muestra (m).

3.7. Cálculo de la biomasa y carbono en el bosque

Para el cálculo de la biomasa se utilizó la relación del peso seco y el peso fresco de la submuestra y luego se multiplicó por el peso de la biomasa fresca total presente en la parcela.

También se puede usar la fórmula siguiente:

Biomasa seca (g)

Ecuación 9.

$$B = \frac{PhBt}{1 - \frac{CH}{100}}$$

Donde:

B: Biomasa seca (g) (Schlegelet *al.*, 2002)

PhBt: Peso húmedo total de biomasa (g)

CH: Contenido de humedad (%)

Contenido de humedad (%)

Ecuación 10.

$$CH = \frac{PHS - PSS}{PSS} * 100$$

Donde:

CH: Contenido de humedad (%) (Schlegelet *al.*, 2002)

PHS: Peso húmedo sub muestra (g)

PSS: Peso seco submuestra (g)

Estas ecuaciones fueron calculadas en el laboratorio de Suelo y Agua de la Universidad Nacional Agraria.

Biomasa seca total del árbol

Posteriormente, para determinar el contenido de biomasa seca (BS) total se multiplicó el valor de la relación por el peso verde total encontrado por parcela o por árbol en kilogramos.

Ecuación 9.

$$BS = R * Pv$$

Donde:

BS: Biomasa seca total del árbol

R: Relación

Pv: Peso verde total (Kg)

Biomasa Total (CATIE, 2002)

Ecuación 10.

$$BT = BF + BR + BH$$

Donde:

BT: Biomasa Total

BF: Biomasa del fuste

BR: Biomasa de las ramas

BH: Biomasa de las hojas

Contenido de carbono

Para determinar el porcentaje de carbono en tejidos vegetales el laboratorio utilizó el método de Sholleberger (Valverde y Matus, 2005) que consistió en la oxidación húmeda de carbono por medio de Dicromato de Potasio ($K_2Cr_2O_7$) en presencia de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4).

Ecuación 11.

$$Cc = \frac{C}{100} * Bs$$

Donde:

Cc: Carbono en el componente de vegetación (kg)

Bs: Biomasa Seca (kg)

C: Porcentaje de carbono

El análisis por separado del C acumulado en cada estrato, permitió determinar el aporte aislado de cada uno al C total fijado en el bosque secundario.

Carbono total fijado en los niveles (CATIE, 2002)

Ecuación 12.

$$CT = CSTB + CREG + CFUST$$

Donde:

CSTB: Carbono en sotobosque

CREGN: Carbono en Regeneración Natural

CFUST: Carbono en Fustales o vegetación mayor a 10 cm de Dap

La tasa de Fijación de carbono (TF de C) en la biomasa área de bosque húmedo secundario se determinó:

Tasa de fijación de carbono

Ecuación 15.

$$TFC = \frac{CT}{Años}$$

Donde:

TFC: Tasa de Fijación de Carbono (t año⁻¹) (CATIE, 2002)

CT: Carbono total(t ha⁻¹)

Años: Número de años entre dos edades de muestreo

Cabe mencionar que toda las formulas empleadas para los cálculos tanto en el inventario como en la estimación de carbono fueron obtenidas de la literatura de Inventario Forestales en Bosques de Latífoliadas (CATIE, 2002) y del manual de procedimientos para inventarios de carbono en ecosistemas forestales(Schlegelet *al.*, 2002).Los cálculos correspondientes se realizaron en el programa de Microsoft Excel 2007.

Los nombres científicos y familias de cada especie fueron extraídos de las literaturas de Salas (1963) y MARENA/INAFOR (2002).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Índice de biodiversidad (Shannon-Wiener, Simpson)

En el sotobosque se encontraron 43 especies diferentes (Anexo 1). La diversidad según Shannon-Wiener varía en cuanto a la edad; primeramente baja de la edad de 2 años (2.091) a la de 10 años (2.497) y luego sube a los 17 años (3.045) que es más equitativo a mayor diversidad y vuelve a bajar a los 22 años (2.251). Tales variaciones van a estar en dependencia de la intervención que se hace en los distintos sitios. Sitios con menos diversidad son aéreas sometidas a perturbación por el ser humano. Pero no sucede lo mismo a la edad de 22 años que a mayor dominancia con (0.8195); y es bajo en diversidad tiene árboles con grandes alturas y diámetros considerables prácticamente situado en el suelo forestal no hay mucho diversidad de especies como sotobosque ya que este se encuentra cubierto por hojarasca aun no descompuesta (Cuadro 4).

En cuanto al análisis realizado por el índice de Simpson la diversidad siguió la misma tendencia que el índice de Shannon-Wiener, dado que en sitios con mayor dominancia va haber menor diversidad y en sitios con menor dominancia hay mayor diversidad (Cuadro 4).

Cuadro 4. Índice de biodiversidad en el sotobosque de diferentes edades (2, 10, 17, 22 años) en municipio de Bonanza, RAAN, 2011

Edad	2 Años	10 Años	17 Años	22 Años
Taxa S (diversidad)	20	14	23	16
Individuales (individuos)	29	24	33	52
Dominancia D	0.06064	0.09722	0.05234	0.1805
Shannon H	2.901	2.496	3.045	2.251
Simpson 1-D	0.9394	0.9028	0.9477	0.8195

4.2. Inventario Forestal

4.2.1. Numero de arboles por hectárea en regeneración

Según resultados del inventario se encontró un total de 28 especies (Anexo 2). Del total de especies, existe una mayor cantidad de individuos a la edad de 2 años con 3600 individuos por hectárea, seguido por las edades de 17 y 22 años con 2933 y 2667 respectivamente, por último a los 10 años con 2267 individuos por hectárea.

A la edad de 2 años hay mayor densidad debido a que todos los individuos se encuentran en estado inicial de crecimiento en conjunto con lianas y otras especies herbáceas que con el tiempo la que logra liberarse es la que empieza a desarrollarse y a dominar sobre las demás plantas .

Algunos autores como (Painter, citado por Mostacedo y Fredericksen, 2001); afirman que puede haber una alta producción de semillas y/o una alta capacidad de germinación, pero si la especie no tiene la capacidad de sobreponerse a todos los factores externos (especialmente competencia y depredación) que reduzca su abundancia, prácticamente la regeneración de una especie será un fracaso.

La edad de 17 años es la segunda que manifestó mayor cantidad de individuos por hectárea por ser un área donde la vegetación es cerrada y pocas veces se extraen especies con tales diámetros, más bien de esta edad se interesa extraer a individuos que tengan diámetros mayores (10 cm) y de buena resistencia para ocuparlos en actividades de la minería tradicional, por otro lado, la edad de 22 años es la tercera en cantidad de individuos porque está siendo manejado por la empresa HEMCO (Minería, Energía y Forestal). En último lugar, la edad de 10 años, donde se encontró la menor cantidad de individuos por hectárea por estar en constante intervención por los habitantes circundantes al área ya que de allí se abastecen de leña para consumo propio según entrevista con Ing. Edgar Tinoco (Figura 4).

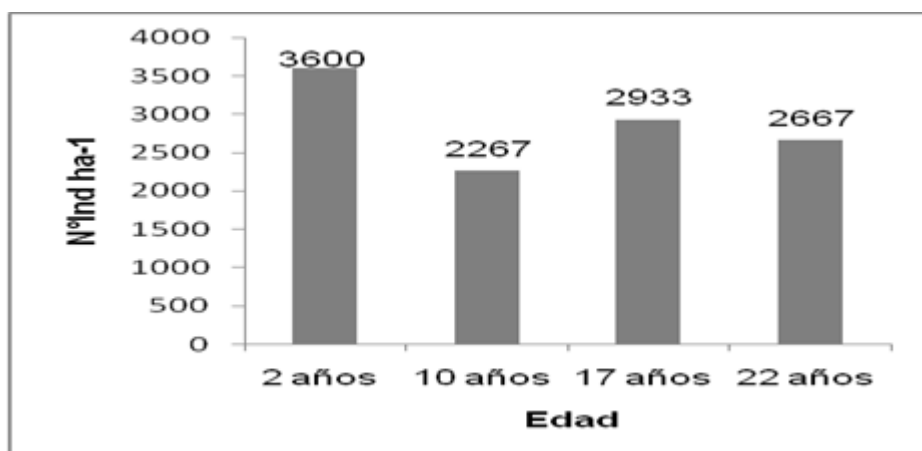


Figura 4. Número de individuos por hectárea encontrado en las diferentes edades del bosque tropical húmedo secundario, municipio de Bonanza, RAAN, 2011.

4.2.2. Volumen por hectárea en regeneración

En cuanto al volumen se encontró que a la edad de 22 años hay $20.06 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, seguido por la edad de 10 años con $12.11 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, y por ultimo a los 17 años se encontró $9.97 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

A los 22 años se encuentran los individuos con mayores diámetros y por lo tanto con el mayor area basal lo que conlleva a que el volumen sea mayor en comparacion a las otras edades que aunque alberguen especies con alturas de hasta 8 metros pero no tienen un diámetro considerable (Figura 5).

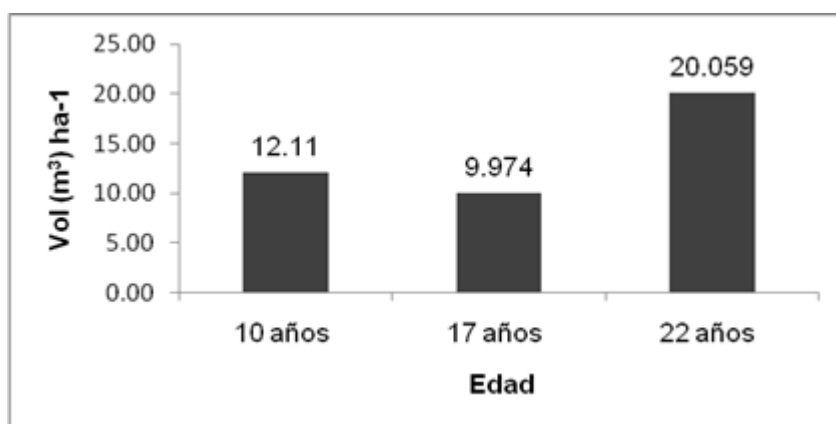


Figura 5. Volumen por hectárea encontrado en las diferentes edades del bosque tropical húmedo secundario municipio de Bonanza, RAAN, 2011.

4.3. Vegetación mayor a los 10 cm de DAP (fustales)

Se encontraron 28 especies con diámetros mayores a 10 centímetros de Dap (Anexo 3). Existe mayor número de árboles a los 22 años con 483.33 árboles ha^{-1} y un volumen de 62.64 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$. A los 17 años el número de árboles fue de 283.33 ha^{-1} con un volumen de 14.21 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ (Cuadro 5).

En un estudio realizado por (Rojas y Madariaga, 2002) en Puerto Cabezas donde la vegetación había sido intervenido por las bananeras, se encontraron 443 árboles ha^{-1} , 10.06 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ de área basal y volumen 41.32 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$, estos datos son similares al número de árboles encontrados en nuestro estudio, pero bajos en comparación al área basal y volumen de nuestro estudio a la edad de 22 años, es decir, que la vegetación mayor a los 10 cm de Dap, a los 22 años tiene mayor área basal y volumen que el estudio realizado por (Rojas y Madariaga, 2002).

Cuadro 5. Árboles y volumen por hectárea para las edades de 17 y 22 años en el bosque tropical húmedo secundario Bonanza RAAN, 2011

Edad	Árboles ha^{-1}	Volumen ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$)
17 años	283.33	14.21
22 años	483.33	62.64

4.4. Biomasa seca y carbono (t ha^{-1}) para cuatro edades del bosque tropical húmedo secundario

4.4.1 Sotobosque

Biomasa Seca

De la biomasa seca encontrada en las distintas edades, el más alto valor corresponde a 17 años con 25.91 t Bsha^{-1} , distribuido con un 74.41% al sub-componente hoja y el 25.59% a las ramas. La segunda edad con mayor cantidad de biomasa es la de 10 años con 19.28 t Bs ha^{-1} de las cuales el 32.24% son de hoja y el 67.76% son ramas.

A la edad de 22 años se encontraron 13.03 t Bs ha⁻¹ es la tercera en cantidad de biomasa seca y 74.41% pertenecen al componente hoja y el 25.59% a las ramas. La menor biomasa seca se encontró a los 2 años con 11.46t Bs ha⁻¹ distribuidas en un 28.17% a las hojas y el 71.83% a ramas (Figura 6).

Carbono

El carbono fijado en las distintas edades también fue analizado por componente, encontrando que la edad con mayor fijación de carbono es la de 17 años con 7.04 t C ha⁻¹ de las cuales el 77.70% pertenecen al carbono acumulado en las hojas y 22.30% a las ramas. Esta es la única edad en la cual las hojas fijan mayor cantidad de carbono, lo cual está influenciado por el tipo de vegetación, es decir, son especies de crecimiento rápido como (**Balsa**) *Ochoromapyramidalisy* (**Capulín**) *Muntingiacalaburay* que por lo tanto están cambiando su follaje continuamente depositándolas en el suelo forestal.

Por otro lado a la edad de 10 años hay una fijación de 4.29 t C ha⁻¹ distribuidas en el 71.10% a las ramas y 28.90% en hojas. Las dos restantes edades (2 y 22 años) son los que menos cantidad de carbono fijaron. La de 22 años con un total de 3.35 t C ha⁻¹ que se encuentra en un 67.76% en ramas y el 32.24% en las hojas y para la edad de 2 años 3.28 t C ha⁻¹ de las cuales el 72.26% son de ramas y 27.74% de hojas (Figura 6).

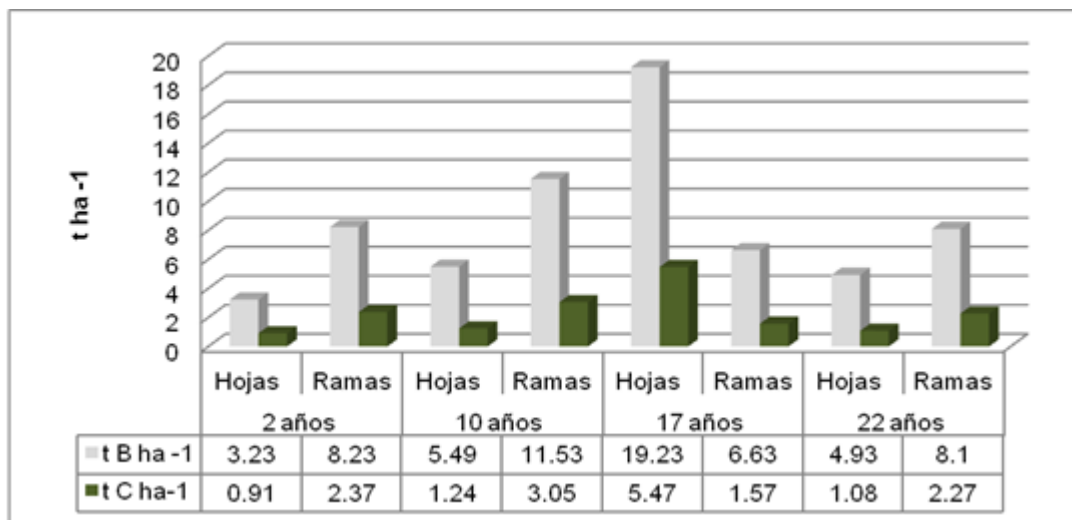


Figura 6. Biomasa seca y carbono almacenado en el sotobosque para cada edad del bosque tropical húmedo secundario en el municipio de Bonanza, RAAN, 2011.

Carbono y diversidad

Al realizar el análisis de la diversidad y carbono se encontró que hay aumento de carbono fijado a medida que hay mayor diversidad de especie a partir de los 10 años. El carbono aumenta a medida que se avanza en edad y diversidad hasta llegar a los 17 años, edad donde se da la mayor cantidad fijada y a partir de entonces esta disminuye casi fijando la misma cantidad que la edad de 10 años(Figura 7).

En este caso el carbono fijado no se ve estimulado por la densidad de individuos (Cuadro 4) si no por la cantidad de especies distintas, presentes en cada edad, obteniendo para este caso, a los 17 años la mayor cantidad de especies distintas y por lo tanto la mayor fijación de carbono.

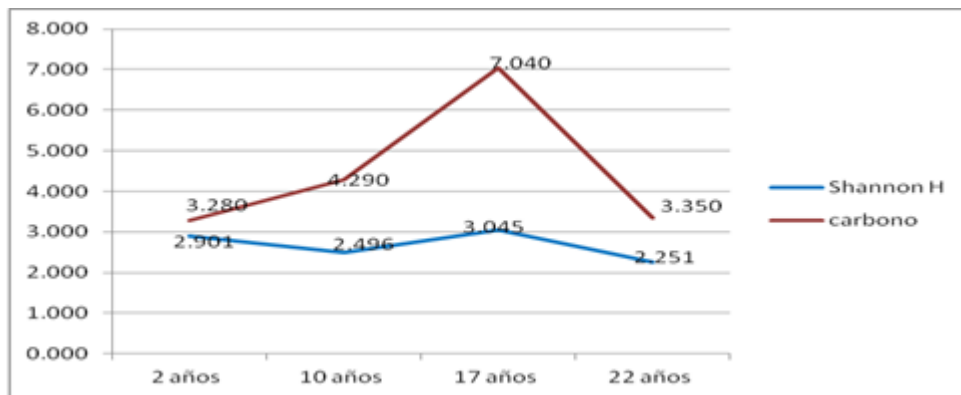


Figura 7. Comportamiento del carbono a medida que aumenta la diversidad de especies para cuatro edades del bosque del municipio de Bonanza, RAAN, 2011.

4.4.2. Regeneración

Biomasa Seca

Una vez extrapolados los datos de fijación de carbono al área en estudio, se encontró que a los 2 años la biomasa seca fue de 5.05 t Bs ha⁻¹ siendo esta la que presentó la menor cantidad del material vegetal por ser plantas con alturas menores a 1.30 metros y diámetros menores a 5 cm. En la hoja del árbol se encontraron 3.21%, en las ramas (28.12%) y en el fuste 68.61% siendo el componente con mayor peso seco.

A la edad de 10 años se encontró una biomasa seca de 47.87 t Bs ha⁻¹ de la cual 9.73% pertenece a las hojas, 48.30% son de las ramas y el 41.97% pertenecen al fuste.

Es la edad con mayor biomasa seca en comparación con los otros y se concentra en mayor cantidad en las ramas del árbol esto se debe a que son plantas con fustes cortos y con abundantes ramas.

Para la edad de 17 años la biomasa total fue de 22.26 t Bs ha⁻¹. De esta 8.34% pertenecen al componente hoja, 40.64% a las ramas y 51.01% al fuste.

En cuanto a la edad de 22 años la biomasa fue de 9.78 t ha⁻¹ distribuida en 19.91% al componente hoja 35.12% a las ramas y 44.96% a el fuste (Figura 8).

Carbono

En cuanto a la cantidad de carbono fijado en los distintos escenarios se puede observar que a los 10 años se presentó el mayor contenido con 13.68 t C ha⁻¹ compartida en un 7.46% en hojas, 49.12% en ramas y 43.42% en fuste, en este caso las ramas aportaron mayor carbono dado que algunas plantas desarrollan abundantes ramas y tienen un fuste corto; la segunda edad con mayor fijación fue la de 17 años con 6.27 t C ha⁻¹ distribuidas en un 6.54% en hojas, 43.38% en ramas y el 50.08% en fuste. Las menores cantidades de carbono se mostraron para las edades de 2 y 22 años, en el primer caso con 2.67 t C ha⁻¹ de las cuales el 15.73% pertenecen al componente hoja, 36.33% a las ramas y 47.44% al fuste para el segundo caso con 1.53 t C ha⁻¹ que corresponden a un 3.27% a hojas, un 29.41% a ramas y 67.32% a la parte de fuste (Figura 8).

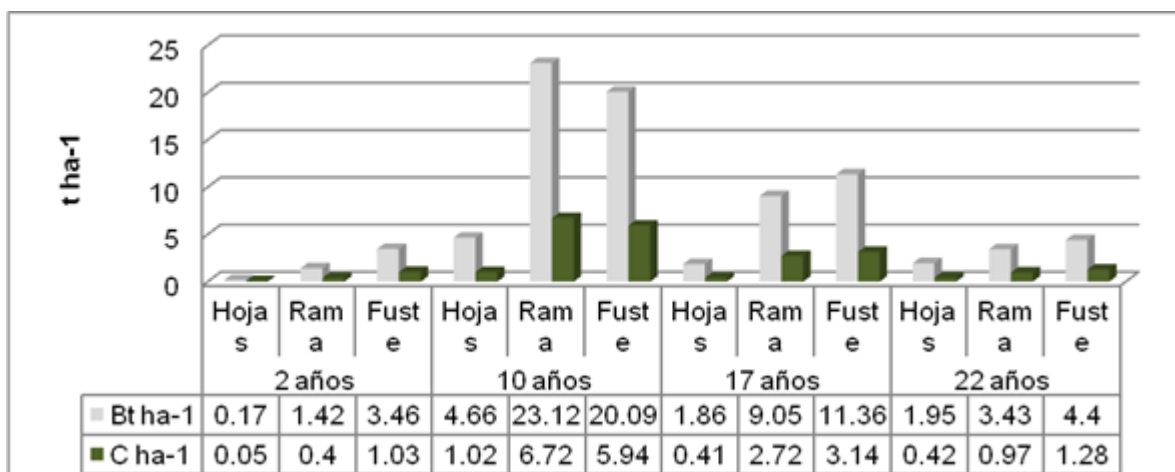


Figura 8. Biomasa seca y carbono almacenado en regeneración natural para cuatro edades del bosque en el municipio de Bonanza, RAAN, 2011.

Carbono y volumen

Al realizar el análisis de volumen y carbono, se encontró que no existe aumento de carbono a medida que se obtiene mayor volumen más bien esa cantidad se ve influenciada por la edad del bosque, ya que se puede observar que a medida que se avanza en edad el potencial de fijación de carbono va disminuyendo. Existe un punto de intercepción en el cual el volumen es igual a la cantidad de carbono fijado que es aproximadamente a los 12 años.

Por arriba de ese punto la cantidad de carbono es mayor que el volumen y por abajo el carbono disminuye por lo que se puede decir que al igual que en el sotobosque, hay mayor carbono fijado en edades menores, siendo para este caso menores a los 12 años (Figura 9).

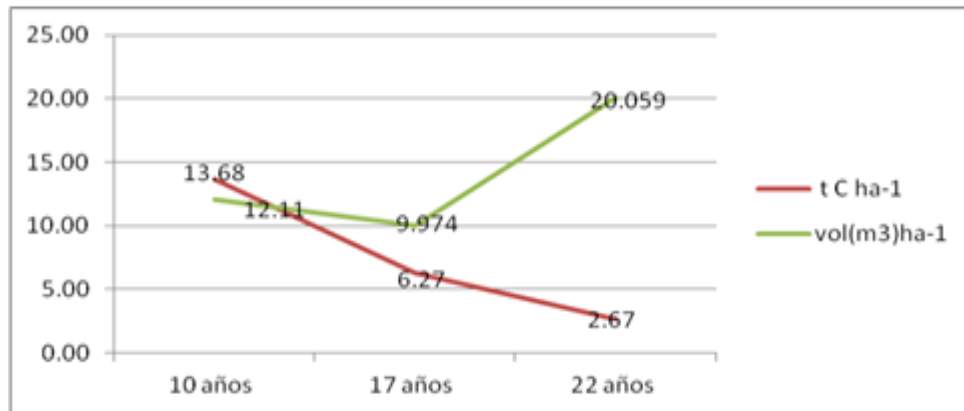


Figura 9. Comportamiento del carbono almacenado a medida que aumenta el volumen en tres edades del bosque en el municipio de Bonanza, RAAN, 2011.

4.4.3 Vegetación mayor a los 10 cm de DAP.

Biomasa Seca

Para las edades de 17 y 22 años, se encontró mayor contenido a los 22 años con 23.31 t Bs ha⁻¹ distribuido con 4.55% en las hojas, 20.94% en las ramas, 74.52% en el fuste. A los 17 años se encontró un total de 15.16 t Bs ha⁻¹ donde el 1.85% pertenece a las hojas, 8.04% en las ramas, 90.11% en el fuste (Figura 10). En ambas edades la mayor cantidad de biomasa seca es aportada por el fuste seguida por las ramas y en último instancia las hojas.

Carbono

La mayor fijación se encuentra a los 22 años con 6.32 t C ha⁻¹, divididas en 3.62% en carbono presente en las hojas, 22.52% en las ramas y 73.86% en el fuste. A los 17 años se encontró con un total de 4.5 t C ha⁻¹ que representa el 1.33% del carbono en las hojas, 8.44% ramas y el 90.99% en fuste.

La prueba de media de Duncan ($\alpha=0.05$), muestra que no existe diferencias significativas en cuanto a la fijación de carbono entre ambas edades dado que solamente existe un aumento en fijación de 1.82 t C ha⁻¹ en un lapso de cinco años (Anexo 5).

Al igual que en la biomasa la mayor concentración de carbono ocurre en el fuste de los árboles luego en las ramas y de último en las hojas (Figura 10).

En un estudio realizado por Chacón *et al.*, 2007, en la región tropical Atlántica de Costa Rica, al separar los latizales y los fustales en sus diferentes componentes, ambos siguieron la misma tendencia en cuanto al aporte de cada componente del árbol (hojas, ramas y fuste) a la biomasa y carbono.

En bosques secundarios de 12 a 14 años originados de pasturas en la Amazonia Central de Brasil, (Feldpausch, citado por Chacón, 2007) estimaron la biomasa de los árboles en 120.9 Mg ha⁻¹₃. En dicho estudio se tomó en cuenta únicamente la biomasa encontrada en los fustes, los cuales presentaban un DAP entre 1 cm y 30 cm. Los valores de biomasa por edad son inferiores en nuestro estudio a los reportados.

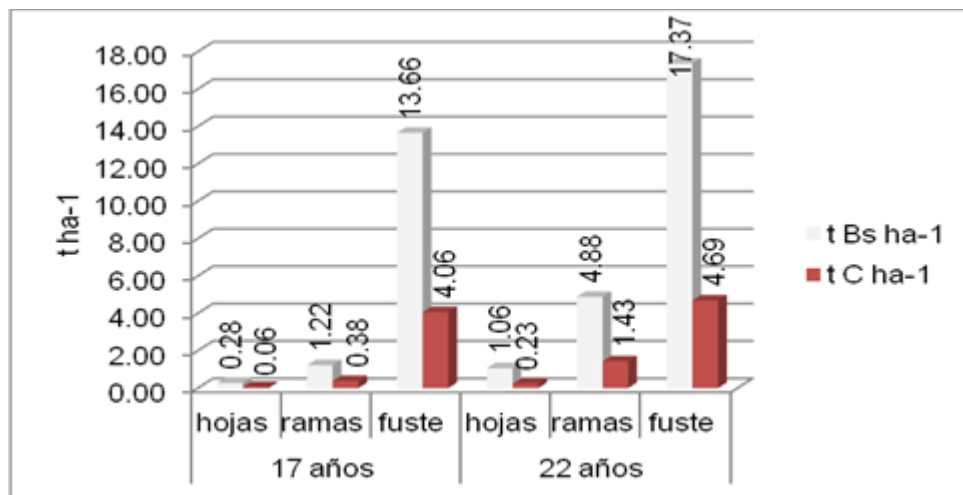


Figura 10. Biomasa seca y carbono almacenado en t ha⁻¹ de la vegetación mayor a los 10 cm de diámetro dos edades del bosque en el municipio de Bonanza, RAAN

³ Mg ha⁻¹ : mega gramo por hectárea, es igual a toneladas por hectárea

Carbono y volumen

De acuerdo al análisis del carbono con respecto al volumen se encontró que en este caso si hay un aumento conforme aumenta el volumen, pero es un aumento mínimo, en un lapso de 5 años se obtienen 1.85 toneladas de carbono por hectárea. Se puede observar que el volumen aumenta y pasa de 14.21 a 62.64 m³ ha⁻¹(Figura 11).En este caso la densidad (cuadro5) también influye dado que hay mayor número de árboles por hectárea en el nivel de 17 años.

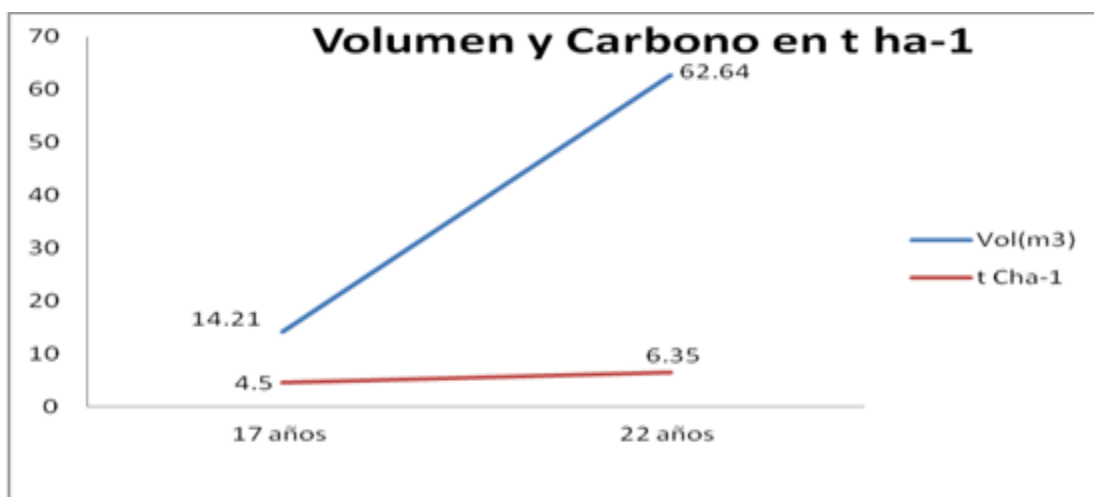


Figura 11. Comportamiento del carbono almacenado a medida que aumenta el volumen para tres edades del bosque en el municipio de Bonanza, RAAN, 2011.

4.5. Carbono total encontrado por nivel de edad.

El mayor aporte de contenido de carbono en la biomasa sobre la superficie del suelo, se encontró a los 10 años con 18 t C ha⁻¹, con 23.89% del carbono correspondiente al sotobosque y el 76.11% a la regeneración (Cuadro 7).

La segunda edad con mayor carbono fijado fue la de 17 años que solo difiere en 0.25 t C ha⁻¹ menos que la edad de 10 años; en este caso el mayor aporte de fijación lo realizó el sotobosque con el 39.66%, un 35.44% la regeneración y la vegetación mayor a los 10 centímetros de diámetro con solo el 24.9% (Cuadro 7).

La edad de 22 años con fijación de carbono de 11.22 t C ha⁻¹, fijó mayor cantidad por parte de los fustales con el 56.86%, un 29.41% por el sotobosque y el 13.73% por la regeneración natural. La edad con menos cantidad de carbono fijada fue la de 2 años con 5.96t C ha⁻¹, siendo el sotobosque el que fijó la mayor cantidad con el 55.03% y la regeneración con 44.97% (Cuadro 7).

Catriona (1998) indica que en los trópicos el carbono en sumideros superficiales varía entre 60 y 230 t C ha⁻¹ en bosques primarios, y entre 25 y 190 t C ha⁻¹ en bosques secundarios.

La cantidad de carbono para cada edad en estudio es menor a la reportada (25 t C ha⁻¹) siendo la edad de 10 años la de mayor con 18 t C ha⁻¹.

Encontraron valores de carbono de forma general para diferentes edades de bosques tropicales (Cuadro 6).

En bosques secundarios jóvenes en Nicaragua, se han determinado valores de 17.6 t C ha⁻¹ (Ruiz, 2002).

Cuadro6. Valores generales de Carbono en la biomasa de bosques tropicales

Edad(años)	t C ha ⁻¹	Referencias
3-8	9.9-18.5	Saldarriaga y Uhl (1991);Lugo (1992); Hughes <i>et al.</i> (1999)
8-10	26-43.6	Saldarriaga y Uhl (1999);Hughes <i>et al.</i> (1999)
15-30	32.4-49	Lugo (1992)
Bosquemaduro	115-118	Saldarriaga y Uhl (1999);Hughes <i>et al.</i> (1999)

Cuadro 7. Carbono total en la biomasa aérea por cada edad y por estrato en el bosque tropical húmedo secundario de Bonanza, RAAN 2011

Edad (años)	C Sotobosque	C Regeneración	C Fustales	C total
	t ha ⁻¹			
2	3.28	2.68	0	5.96
10	4.3	13.7	0	18.00
17	7.04	6.29	4.42	17.75
22	3.3	1.54	6.38	11.22

4.6. Tasa de Carbono

A la edad 2 años (2.98 t Cha⁻¹ año⁻¹) el sotobosque representa el 55.03% del carbono fijado anualmente y el 44.97% es fijado por la regeneración natural (brinjal y latizal). En el caso de la edad de 10 años (1.80t C ha⁻¹año⁻¹) hay mayor fijación decarbono en la regeneración natural que representa el 76.11% anualmente y el sotobosque con el 23.89% (Cuadro 8).

Para las edades de 17 y 22 años (1.04 y 0.51 t C ha⁻¹año⁻¹) existe mayor fijación de carbono anual por parte del sotobosque que representa el 39%, seguido por la regeneración con el 36% y los fustales con el 35%, esto para la edad de 17 años. A los 22 años los fustales representan el 56.86% del carbono fijado anualmente, sotobosque el 21.41% y la regeneración solamente el 13.73%.

La tasa de fijación de C para las edades de 17 y 22 años de este estudio es menor al estudio realizado Chacón *et al.*,2007 quien reporta una tasa de fijación de 3.1 Mg ha⁻¹ de C por año en el bosque tropical húmedo secundario de Costa Rica con edad de 15 años.

Por otro lado Sabrina *et al.*, 2003 en un estudio realizado en aéreas de diferentes edades encontró que el carbono en la biomasa total alcanzó una tasa media anual de incremento de $7,4\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ a los 19 años. En las capueras (Sotobosque) entre 5 y 6 años esa tasa fue de alrededor de $1\text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$. A los diez años el aumento varió entre 1 y $2\text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$; a los 15 años de edad se acercó a $6\text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$.

En nuestro estudio la tasa de fijación de carbono supera la reportada para edades de 5 y 6 años y es similar a la de 10 años de edad pero súper baja comparada con el de 15 y 19 años para las edades de 17 y 22 años.

Cuadro 8. Tasa anual de fijación de carbono por edad y estrato del bosque tropical húmedo secundario en el municipio de Bonanza, RAAN, 2011

Edad(años)	Sotobosque	Regeneración	Fustales	Fijación C (t ha ⁻¹ año ⁻¹)
2	1.64	1.34	0	2.98
10	0.43	1.37	0	1.80
17	0.41	0.37	0.26	1.04
22	0.15	0.07	0.29	0.51

4.7. Carbono en el suelo por nivel de edad

De acuerdo a la cantidad de carbono presente en los primeros 20 cm de profundidad del suelo, las edades de 10 y 17 años fueron las que presentaron la mayor cantidad fijada con 43.59 y 47.91 t C ha^{-1} respectivamente. Las restantes edades (2, 22años) presentaron una fijación de 22.04 y 20.47 t C ha^{-1} (Figura 11).

Se puede apreciar que a medida que el bosque aumenta en edad hay mayor contenido de carbono pero al llegar a la edad de 17 años este empieza a disminuir nuevamente. Esto se debe a que en las tres edades primeras hay intervenciones de corta de ciertas especies y por lo tanto hay incorporación del material vegetal al suelo de manera artificial a la cual también se le suma la incorporación natural.

Esto no ocurre a los 22 años ya que solamente hay incorporación de materia vegetal de manera natural producto de la autopoda y cambio constante de su follaje además las hojas de estos árboles como el (Concha de Cangrejo) *Dendropanax arboreus* son gruesas y grandes lo que hace que la descomposición de esta sea más lenta.

Duncan =0.05 demuestra que existe diferencias significativas en cuanto a la fijación de carbono en el suelo de las cuatro edades, lo que quiere decir que al menos una de tales edades fija mayor carbono que las otras edades (Anexo 5).

(Rhoades *et al*, Citado por Sabrina *et al.*, 2000) concluyeron que en los 15cm superficiales se produce el 50% de las pérdidas de carbono contenidos en 1m de suelo.

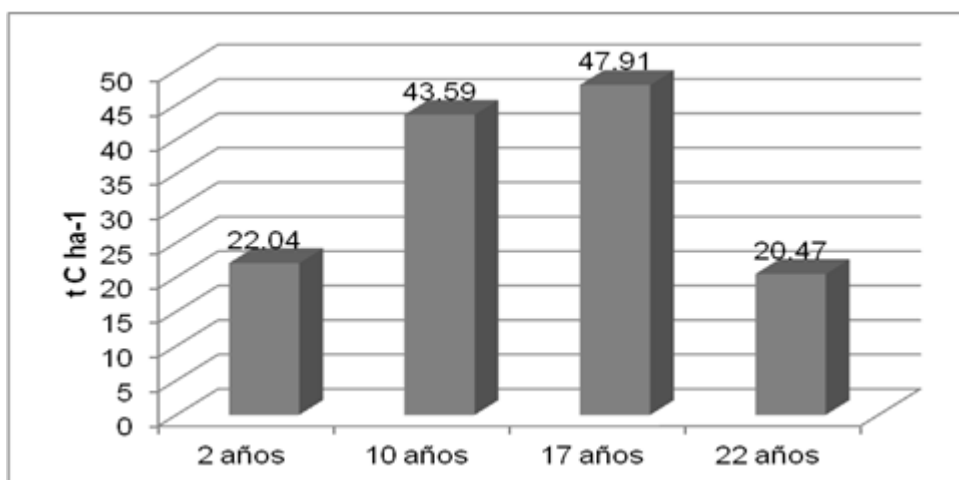


Figura 12. Carbono fijado en los primeros 20 centímetros de profundidad del suelo para cada edad del bosque en el municipio de Bonanza, RAAN, 2011.

V. CONCLUSIONES

De las edades evaluadas la diversidad de especie en el sotobosque varía de acuerdo al grado de intervención humana y del tipo edad del bosque.

En la vegetación con $Dap > 10$ cm, a la edad de 22 años se encontró el mayor número de individuos ($483.33 \text{ individuosha}^{-1}$) y de volumen ($62.64\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$) esto se debe a que es una área bajo manejo con fines de aprovechamiento en un futuro y que está siendo enriquecida con especies nativas de la zona.

El sotobosque juega un papel importante en la fijación de carbono siendo este quien mayor cantidad fija hasta la edad de 17 años y a partir de esa edad la vegetación disminuye su capacidad de fijación para pasar a ser buenos depósitos de carbono (almacenamiento de carbono). Por lo tanto anualmente las edades menores fijan mayor contenido de carbono.

A medida que en un sitio hay mayor diversidad el carbono fijado aumenta, en el sotobosque el carbono sigue la misma tendencia en cuanto a diversidad por lo que se puede decir que el carbono depende en gran manera de las especies distintas presentes en cada una de las edades siendo en este caso la edad de 17 años, con una fijación de $7.04. \text{t Cha}^{-1}$ y el mayor índice de diversidad con 3.04.

En la regeneración no interfiere la densidad y volumen en la fijación, ya que a los 17 años existe la mayor densidad ($2933 \text{ individuos ha}^{-1}$) pero no fija la mayor cantidad de carbono, pueden haber casos en el que el volumen influye en la fijación, como en el caso de la vegetación con $Dap > 10$ cm donde hay aumento de fijación pero mínima (1.85t Cha^{-1}) a largo plazo (5 años).

Conforme el bosque adquiere mayor edad, el carbono en el suelo aumenta llegando a la máxima cantidad a los 17 años (47.91t Cha^{-1}) esto se debe a la incorporación de restos vegetales al suelo productos de la corta de ciertas especies a la que se le suma la incorporación de manera natural.

VI. RECOMENDACIONES

Al realizar un estudio similar se recomienda hacerlo a nivel de especie tanto en la regeneración natural como en la vegetación mayor a 10 cm de Dap para ser más preciso en cuanto a los resultados, además de incorporar mayor número de sitios con diferentes edades.

El monitoreo de carbono continuos en Bonanza es una práctica que puede servir para mejorar el ajuste de los modelos de cubicación. Además, en el seguimiento de los estudios de carbono si es posible, se deberían de considerar muestreo de carbono orgánico en suelos de diferentes órdenes y grupos y a distintas profundidades, para obtener una mejor idea de la variabilidad espacial del contenido de carbono en los suelos de Bonanza. De esta manera se podría extrapolar el potencial de almacenamiento a una región más amplia que las localidades bajo estudio.

Realizar estudios para desarrollo de ecuaciones alométricos de estimación de biomasa por especie, con el propósito de obtener datos reales acorde a las condiciones ambientales de nuestro país.

VII. LITERATURA CITADA

Brown S; Lugo, AE.1992.Biomass of tropical forests: A new estimate based on forest volumes, science 223; 1290-1293 p.

Brown, S. 1989. Biomass estimation methods for tropical forest wit application to forest inventory data .Forest Science, vol.35.N°4.88-902 p.

Brown, S. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forest: a primer. FAO ForestryPaper 134, Roma, IT.

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 2002. Inventario Forestal para bosques Latífoliadas en América Central .ed. Lorena Orosco, Cecilia Brome-Turrialba, CR. 264 p.

Catriona, P. 1998. Actualidad Forestal Tropical. Boletín de Manejo Forestal Producido por la Organización de Maderas Tropicales para Fomentar la Conservación y el Manejo Sostenible de los Recursos Forestales Tropicales en la Región de América Latina y el Caribe (Japón). Volumen 6, Número 4. 31p.

Chacón, P.; Leblanc, H.A.; Russo, R.O. 2007. Fijación de carbono en un bosque secundario de la región tropical húmeda de Costa Rica. Tierra Tropical: Sostenibilidad, Ambiente y Sociedad. 11 Pag.

Gajardo, R., Serra, M. 1979. Composición florística del sotobosque del tipo raulí en una gradiente altitudinal. Ciencias Forestales 1 (3): 29-38.

INAFOR (Instituto Nacional Forestal). 2009. Resultados del Inventario Forestal Nacional de Nicaragua 2007-2008.2° ed. Managua, NI.232 p.

Locatelli, B. 1999. Bosques Tropicales y Ciclo Del Carbono. Ministro de Ambiente y Recursos Naturales, Managua, Nicaragua.91p.

MacDiken, K.G. 1997.guide to monitoring carbon storage in Forestry and Agroforestry projects Winrocken international institute for Agricultural development, 87p.

MARENA (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales) .sf. Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense para el Manejo de los Recursos Forestales en Áreas Protegidas. Managua, NI. 15p.

MARENA/INAFOR (Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales/ Instituto Nacional Forestal). 2002. Guía de especies forestales de Nicaragua. Managua Nicaragua.316p.

Mostacedo, B; Fredericksen, TS. 2001. Regeneración y silvicultura de bosques tropicales en Bolivia. Santa cruz, Bolivia. p 22.

Rojas y Madariaga, H. 2002.Composicion y estructura horizontal de un bosque no intervenido por la concesión forestal. MADENSA AWASTIGNI, Puerto Cabezas. Managua, Nicaragua .59p.

Rojas, A.; Rodríguez, J.; Guzmán. 2003. Centro América frente al cambio climático. FAO. Roma, IT. 68p.

Ruiz, A. 2002. Fijación y almacenamiento de carbono en sistemas silvopastoriles y competitividad económica en Matiguas, Nicaragua. Turrialba, CR, CATIE. 111 p.

Salas, E.JB.1963.Bosque de la vegetación de Nicaragua. Managua, NI. 162 p.

Schlegel, B; Gayoso, J; Guerra, J. 2002. Manual de procedimientos para inventarios de carbono en ecosistemas forestales. Valdivia, Chile. s.e. 17p.

Valverde, R; Matus, M. 2005.Manual de procedimientos analíticos. Managua, Nicaragua.131p.

Páginas visitadas

OPHDESCA (Fundación oficina de Promoción Humanitaria y Desarrollo de la Costa Atlántica) .1999. Caracterización del Municipio de Bonanza y cartera de Proyecto, RAAN. Consultado el 22 de enero 2011. [http://www.inifom.gob.ni/municipios/documentos/.../bonanzaManagua, NI. 36P.](http://www.inifom.gob.ni/municipios/documentos/.../bonanzaManagua, NI. 36P)

INETER. (Instituto Nicaragüenses de Estudios Territoriales) 2012. Consultado 19 de Marzo del 2012.[*En línea*] <http://.Webserver2.ineter.gob.ni/Direcciones/meteorología /clima nic /características del clima= htm>.

Past, 2011. Dispositivo Estadístico. Consultado el 12 de noviembre 2011.<http://www.nhm.uio.no/norges/past/download.html>.

RAE. 2005. Diccionario de la Lengua Española. [*En línea*] <<http://www.rae.es/>>

Sabrina Vaccaro, Marcelo F. Arturi, Juan F. Goya, Jorge L. Frangi y Gabriel Piccolo.2003. Almacenaje de carbono en estadios de la sucesión secundaria en la provincia de misiones Argentina. Consultado el 025 de Mayo 2011 Disponible en <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/339/33908405.pdf>.Argentina. 8 Pág.

ANEXOS

Anexo 1. Especies presentes en diferentes edades (2, 10, 17 y 22 años) de el sotobosque para el bosque tropical húmedo secundario de BonanzaRAAN, 2011

Especies arbustivas			
N°	Nombre Común	Nombre Científico	Familia
1	Cordoncillo	<i>Piperspp</i>	Piperaceae
2	Comenegro	<i>Dialiumguianensis</i>	Cesalpiniaceae
3	Cola de gallo	<i>Rueliainundata</i>	Acanthaceae
4	Corona de Cristo	<i>Koeberliniaspinosa</i>	Koeberliniaceae
5	Chaparro	<i>Curatella americana</i>	Dilleniaceae
6	Chaguitillo	<i>Heliconia bicolor</i>	Heliconiaceae
7	Chichicaste	<i>Ureracaracassasa</i>	Urticaceae
8	Chichicaste falso	<i>Myriocarpayzabalensis</i>	Urticaceae
9	Fosforito	<i>Protiumglabrum</i>	Burseraceae
10	Guarumo	<i>Cecropiainsignis</i>	Moraceae
11	Granadillo	<i>Dalbergiatucurensis</i>	Fabaceae
12	Guaba negra	<i>Inga punctadra</i>	Mimosaceae
13	Laurel	<i>Cordiaalliodora</i>	Boraginaceae
14	Manzana rosa	<i>Jambos jambosMillsp</i>	Myrtaceae
15	Muruco	<i>Pithecellobiumarborcus</i>	Fabaceae
16	Palo de leche	<i>Sebastianiabrasiliensis</i>	Euphorbiaceae
17	Leche de sapo	<i>SapiumMacrocarpum</i>	Junglandaceae
18	Santa maría	<i>Calophyllumbrasiliensis</i>	Clusiaceae
19	Tomatillo	<i>Solanum tomatillo</i>	Solanaceae
20	Tomatillo sin espina	<i>Physaliscrassifolia</i>	Solanaceae
21	Varia negra	<i>CerdanagerascanthusMold</i>	Boraginaceae
22	Yema de huevo	<i>Chimarrhisparviflora</i>	Rubiaceae
23	Yuca	<i>Yuccatillamentosa</i>	Agavaceae
Hierbas			
1	Báratala (Zacate)	<i>Jardinersimpliciflora</i>	Rosaceae
2	Caña agria	<i>Costusspicatus</i>	Zingiberaceae
3	Cola de iguana	<i>Setariageniculata</i>	Poaceae
4	Dormilona	<i>Mimosa summians</i>	Fabaceae
5	Gramma	<i>Paspalumnotatum</i>	Poaceae
6	Helecho	<i>Hymenodiumcrinitum</i>	Cemmelinaceae
7	Uña de gato	<i>Machaeriumbiovulatum</i>	Fabaceae
8	Hoja chigüé	<i>Curatella americana</i>	Dilleniaceae
9	Jaragua	<i>Hyparrhenia rufa</i>	Gramanineeae
10	Legítimo bejuco	<i>Mikaniaguace</i>	Asteraceae
11	Mano de León	<i>Oreopanaxspp</i>	Araliáceas
12	Matorral (Macolla)	<i>Myrceugenialeptospermoides</i>	Myrialecea
13	Mozote	<i>Triumfettalappula L</i>	Asteraceae
14	Mozote	<i>Bidens pilosa</i>	Asteraceae
15	Navajuela	<i>Scleriamelaleuca</i>	Cyperaceae
16	Rialito	<i>Desconocido</i>	Desconocido
17	Torquelite	<i>Amaranthuspalmieri</i>	Amaranthaceae
18	Pico de pollo	<i>Cocolobabelizensis</i>	Polgonaceae
19	Vijagua negra	<i>Colubrina ferruginosa Brogn</i>	Rhimnaceae
20	Zacate retano	<i>Paspalumvirgatum</i>	Poaceae

Anexo 2. Especies de regeneración (Brinzales y Latizales) encontradas en el área de estudio de diferentes edades (2, 10, 17,22 años), en un bosque tropical húmedo secundario Bonanza RAAN, 2011

N°	Nombre Común	Nombre Científico	Familia
1	Cachito	<i>Malovetia guatemalensis</i>	Apocinaceas
2	Canelo	<i>Ocotea veraguensis (Meis)</i>	Lauraceae
3	Capirote	<i>Miconia prasina</i>	Malastomataceae
4	Caratillo	<i>Alvaradora amorphoides</i>	Simarobaceae
5	Cedro macho	<i>Carapa guianensis</i>	Meliaceae
6	Cola de pava	<i>Cupania glabra</i>	Sapindaceae
7	Concha cangrejo	<i>Dendropanax arboreus</i>	Araliaceae
8	Cordoncillo	<i>Piper spp</i>	Piperaceae
9	Chaguitillo	<i>Heliconia bicolor</i>	Heliconiaceae
10	Chichicaste	<i>Urera caracasasa</i>	Urticaceae
11	Chilamate	<i>Ficus spp.</i>	Moraceae
12	Frijolillo	<i>Ormosia coccinera</i>	Fabaceae
13	Guaba	<i>Inga sp</i>	Fabaceae
14	Guama	<i>Lonchocarpus sericeus Dc</i>	Fabaceae
15	Guayaba	<i>Psidium guajaval L</i>	Myristicaceae
16	Gavilán	<i>Pentaclethra macroloba (Willd)</i>	Mimosaceae
17	Hoja chige	<i>Curatella americana</i>	Dilleniaceae
18	Jocote jobo	<i>Spondias myrobalanus L</i>	Anacardiaceas
19	Limón	<i>Citrus aurantifolia</i>	Rutáceas
20	Ojoche	<i>Sacoglottis spp</i>	Humiriaceas
21	Pata de paloma	<i>Pleiostachya spp</i>	Marantaceae
22	Pata de paloma árbol	<i>Eleusine indica</i>	Poaceae
23	Tuno	<i>Castilla tuno Warb</i>	Moraceae
24	Santa maria	<i>Calophyllum brasiliensis</i>	Clusiaceas
25	Varia negra	<i>Cerdana gerascanthus Mold</i>	Boraginaceae
26	Viga agua Blanca	<i>Colubrina arbore scente Mill</i>	Rhinnaceae
27	Yema de huevo	<i>Chimarrhis parviflora</i>	Rubiaceas
28	Yuca	<i>Yucca tillamentosa</i>	Agavaceae

Anexo 3. Especies en estado fustal encontradas en el área de estudio de distintas edades (2, 10, 17,22 años), en un bosque tropical húmedo secundario Bonanza RAAN, 2011.

N°	Nombre Común	Nombre Científico	Familia
----	--------------	-------------------	---------

1	Aceituno	<i>Simarouba glauca D,C</i>	Simarrubáceas
2	Balsa	<i>Ochoroma Pyramidalis</i>	Bombaceae
3	Capirote	<i>Miconia presina</i>	Malastomataceae
4	Capulín	<i>Muntingia calabura L</i>	Elaeocarpaceae
5	Caoba del atlántico	<i>Swietenia macrophylla</i>	Meliaceas
6	Cola de pava	<i>Cupania glabra</i>	Sapindaceae
7	Chilamate	<i>Ficus spp.</i>	Moraceae
8	Caratillo	<i>Alvaradora amorphoides</i>	Simarobaceae
9	Cedro real	<i>Cederla odorata</i>	Meliaceae
10	Ceiba	<i>Ceiba pentandra (L Gaerth)</i>	Malvaceae
11	Concha de Cangrejo	<i>Dendropanax arboreus</i>	Araliaceae
12	Guaba	<i>Inga sp</i>	Fabaceae
13	Guácimo molenillo	<i>Luehea candida</i>	Tiliaceae
14	Guama	<i>Paspalum notatum</i>	Poaceae
15	Guarumo	<i>Cecropia insignis</i>	Moraceae
16	Jiñocuabo	<i>Bursera simarouba (L) Sar.</i>	Burseraceae
17	Lagarto	<i>Zanthoxylum juniperinum</i>	Rutaceas
18	Leche de sapo	<i>Sapium macrocarpum</i>	Eufobiaceae
19	Majaagua	<i>Hibiscus tiliaceus</i>	Malvaceae
20	Mangalarga	<i>Vochysia ferruginea Mart</i>	Anonáceas
21	Muñeco	<i>Cordia bicolor A. HC.</i>	Boraginaceas
22	Nancite	<i>Byrsunima crassifolia (L) DC.</i>	Malpigiaceas
23	Nanciton	<i>Hyeronima alchorneoides</i>	Euphorbiaceae
24	Ojoche blanco	<i>Brosimun costaricarium Liebm</i>	Moraceas
25	Ojoche colorado	<i>Pseudolmedia spuria</i>	Moraceas
26	Perita	<i>Pyrus communis L</i>	Rosaceae
27	Tabacon	<i>Cespedensia macrophyla</i>	Ocnaceas
28	Yema de huevo	<i>Chimarrhis parviflora</i>	Rubiaceas

Anexo 4. Formato de Registro para la toma de datos en diámetro basal y altura en un bosque tropical húmedo secundario Bonanza RAAN, 2011

Bosque Húmedo Tropical Secundario

Finca _____

Fecha _____

Recolector _____

N° de árbol	N° Parcela	Nombre común	DN(cm)	H(m)
1		Aceituno		
2		Balsa		
3		Capirote		
4		Capulín		
5		Caoba del atlántico		
6		Cola de pava		
7		Chilamate		
8		Caratillo		
9		Cedro real		
10		Ceiba		
11		Concha de Cangrejo		
12		Guaba		

Anexo 5. Diferencias significativas entre las edades según Duncan en sotobosque, regeneración, vegetación mayor a 10 cm de Dap y suelo del bosque tropical húmedo secundario Bonanza RAAN, 2011

Sotobosque

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0048 gl: 21

Años	Medias	n	E.E.	
22,00	1,39	6	0,03	A
10,00	1,39	6	0,03	A
17,00	1,44	7	0,03	A B
2,00	1,49	6	0,03	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes($p \leq 0,05$)

Regeneración

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,4012 gl: 47

AÑOS	Medias	n	E.E.	
2,00	-1,42	9	0,21	A
22,00	-0,78	12	0,18	B
17,00	-0,41	14	0,17	B C
10,00	-0,14	16	0,16	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes($p \leq 0,05$)

Vegetación mayor a los 10 cm de Dap.

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,4972 gl: 15

Edad	Medias	n	E.E.	
17,00	-0,33	8	0,25	A
22,00	0,07	9	0,24	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes($p \leq 0,05$)

Suelo

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0257 gl: 32

años	Medias	n	E.E.	
21,00	1,31	9	0,05	A
2,00	1,48	9	0,05	B
10,00	1,63	9	0,05	B C
17,00	1,68	9	0,05	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes($p \leq 0,05$)

Anexo 6. Especies derribadas en la toma de muestras para determinar el carbono fijado en cuatro edades en el bosque tropical húmedo secundario, Bonanza RAAN, 2011

Nivel		2 Años	10 Años	17 Años	22 Años
Regeneración	Especie	Piper Spp	Dendropanax arboreus	Cerdana gerascanthus	Dendropanax arboreus
		Calophyllum brasiliensis	Miconia prasina	Urera caracasasa	Piper Spp
		Psidium guajaval	Lonchocarpus Seriaceus L	Alvaradora amorphoides	Inga sp
Vegetación > 10 cm de Dap				Muntingia calabura	Dendropanax arboreus