

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE**



TRABAJO DE DIPLOMA

**ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO Y ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN EL
BOSQUE SECO SECUNDARIO DEL REFUGIO DE VIDA SILVESTRE
CHOCOCENTE**

**AUTOR: BR. MEE YENG SIU CHOW
BR. WILFREDO ORDEÑANA OBANDO**

**ASESOR:
ING. CLAUDIO CALERO
PH. D BRUNO RAPIDELL
ING. JOSÉ ANTONIO VITERI**

Managua, Junio del 2001

CONTENIDO	Pag.
Agradecimientos	i
Indice de cuadros	ii
Indice de figuras	iii
Resumen	iv
I. INTRODUCCIÓN	1
Objetivos	3
Antecedentes	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1. Bosque tropical seco	5
2.2. Extensión Y Distribución de los Bosques Secos Tropicales	6
2.3. Características principales de los Bosques Tropicales Secos	7
2.4. Suelos	8
2.5. Geomorfología	9
2.6. Influencia del suelo en la vegetación	10
2.6.1. Factores de variación y tipo de vegetación	10
2.6.2. Factores edáficos de mayor influencia.	11
2.7. Producción de Biomasa	11
2.8. Estudio sobre la Regeneración Natural en Bosque seco Tropical	12
2.9. Litera o Litter	12
2.10. Carbono en el Suelo	14
2.11. Bosque	16
2.12. Los Bosque como reservorio de carbono	16
2.13. cuantificación de biomasa y carbono en bosques naturales	20
2.14. Métodos para la estimación de la biomasa	20
2.15. Estimación de Carbono	22
III. MATERIALES Y MÉTODOS	23
3.1. Descripción del área	23
3.1.1. Ubicación y extensión	23
3.1.2. Accesibilidad	26
3.1.3. Vegetación	26
3.1.4. Fisiografía y Suelo	27
3.1.5. Clima	28
3.2. Proceso Metodológico	29
3.2.1. Selección de las parcelas de estudio	29

3.2.2. Medición de la vegetación a partir de 10 cm de diámetro a la altura del pecho	32
3.2.3. Regeneración Natural	32
3.2.4. Sotobosque	32
3.2.5. Suelo	33
3.2.5.1. Métodos para análisis físicos y químicos de suelos	34
3.2.6. Necromasa	34
3.2.7. Litter o Litera	35
3.2.8. Estimación de biomasa en árboles de regeneración	35
3.2.9. Estimación de carbono por tonelada hectárea	37
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
4.1. Riqueza florística	38
4.1.1. Nivel base	38
4.1.2. Nivel doce años	40
4.1.3. Nivel veinte	43
4.1.4. nivel cincuenta	46
4.2. biomasa en los diferentes niveles de edades del bosque (T ha ⁻¹)	50
4.3. Carbono presente en el bosque en los diferentes niveles de edades (TCha ⁻¹)	52
V. CONCLUSIONES	59
VI. RECOMENDACIONES	62
VII. BIBLIOGRAFÍA	64
VIII. ANEXO	77

SUMMARY

The study was carried out in the Dry forest deciduous, located inside of the Escalante Chococente wild life Refuge, in the south west end of the carazo department.

The purpose was to estimate of the content of carbon and storage in the forest in different levels of ages; of zero, twelve, twenty and fifty years.

The dynamics of the cycle of carbon in forest ecosystems is very complex, for that reason we proceeded to carry out an estimate of the whole forest, as the air vegetation, soil, including matter in decomposition, trashes, regeneration and sotobosque. Reason why, we proceeded to the realization of a forest inventory to estimate the air biomass making use of Martínez's equation Yrizar et.al in 1992 mentioned by Brown (1997), to make the transformation to carbon by means of the fraction of carbon that is equal at 0.5.

The estimate of the carbon edafic was carried out by means of a soil sampling to a depth thirty centimeters, for each age level. In the same way there were carried out samplings of trashes, sotobosque and litter, which were analyzed in the soil and water laboratory of the Agrarian National University (UNA) and the soil laboratory of the Tropical Agronomic Center of Investigation and Teaching (CATIE).

The results of the estimate of biomass, carbon and soil were the following ones:

In the parcel one of the base level it was considered 34.5 tons per hectare. In the twelve years old level in the parcels one and two were considered 61.1 and 66.9 tons respectively per hectare. In the twenty year-old level the production of biomass is of 67.8 and 78.6 tons for hectare in the parcel one and two of this level. The quantity of biomass in the fifty year-old level in the parcels one, two three respectively are 55.7, 64.4 and 86.9 tons for hectare.

The estimate of present carbon in the forest in the different components as litter, necromass, sotobosque, regeneration, bigger trees and soil gave as a result:

In the base level 212.05 tons of carbon for hectare, in the twelve years old level 216.4 in parcel one and 297.4 in parcel two, in the twenty year-old level in the corresponding parcels one and two are of 231.2 and 312.1 tons of carbon for hectare, in the fifty year-old level in the parcel one 299.6, in parcels two 244.9 and in the parcel three 306.4 tons of carbon for hectare.

AGRADECIMIENTO

Hemos llegado al final de este trabajo de diploma por esa razón hacemos público **nuestro** más sinceros agradecimientos, al apoyo, cooperación y esfuerzo brindado de aquellas personas e instituciones, especialmente a:

- Universidad Nacional Agraria a través del Departamento de Manejo de Bosques y Ecosistemas y a todos los docentes que contribuyeron a nuestra formación.
- Al proyecto Cambios Climáticos por el apoyo profesional y financiero para la ejecución de este trabajo.
- Nuestro tutor Ing. Claudio Calero por su valiosa colaboración.
- PhD. Bruno Rapidell por su aporte.
- Ing. José Antonio Viteri.
- Msc. Milena A. Segura.
- MARENA por permitir utilizar como área de investigación al Refugio de Vida Silvestre de Chacocente.
- A los guardabosques de la estación biológica de Chacocente.
- Lic. Teresa Morales por brindar un excelente servicio en nuestra búsqueda de literatura.

Dedicatoria

Agradezco a Dios por haberme dado la oportunidad de coronar mi carrera profesional, a si mismo dedico este logro a mis padres: Raúl Ordeñana y Olivia Obando, a mis hermanos Sandra Sayonara y Douglas y a todas las personas que de una u otra manera me ayudaron a finalizar mis estudios.

Al sr. Bruno Rapidell, Claudio Calero y José Antonio Viteri por todo el apoyo científico.

Wilfredo Ordeñana Obando

Dedicatoria

Dedico este trabajo muy especial a Dios razón de nuestra existencia, a mis padres por el sacrificio, y ardua labor a lo largo de mi desarrollo personal.

Mi madre Luisa Chow Ordóñez

Mi padre Ronaldo Siu Sánchez

A mis hermanos, Mee ling, Sauping, y Quaiping.

A Reynaldo Rodríguez por el apoyo incondicional.

A todas las personas que de una u otra manera me dieron su apoyo, en especial a la Sra. Guadalupe Salinas Valle.

Al sr. Bruno Rapidell, Claudio Calero y José Antonio Viteri por todo el apoyo científico

Mee Yeng Siu Chow

INDICE DE CUADROS

No. Cuadros	Pág.
1. Ecuación alométrica para estimar biomasa por árbol para un bosque seco.....	36
2. Estimaciones de media de carbono por hectárea, RVS, 2000.....	37
3. Especies arbóreas encontradas en el área de estudio en el nivel base en el inventario forestal, RVS – Chacocente, 2000.....	38
4. Especies de regeneración encontradas en el área de estudio en el nivel base del inventario forestal, RVS – Chacocente, 2000.....	39
5. Especies arbóreas encontradas en el área de estudio en el nivel de doce años, RVS – Chacocente, 2000.....	40
6. Regeneración encontradas en el área de estudio en el nivel de doce años, RVS – Chacocente, 2000.....	42
7. Especies arbóreas encontradas en el área de estudio en el nivel de veinte años, RVS – Chacocente, 2000.....	43
8. Especies en regeneración encontradas en el área de estudio en el nivel de veinte años, RVS – Chacocente, 2000.....	45
9. Especies arbóreas encontradas en el área de estudio en el nivel de cincuenta años, RVS – Chacocente, 2000.....	46
10. Especies de regeneración encontradas en el área de estudio en el nivel de cincuenta años, RVS – Chacocente, 2000.....	48
11. Comparativo de la riqueza florística y dasométrica encontrada en el inventario forestal, RVS – Chacocente, 2000.....	49
12. Especies presentes en el sotobosque, RVS – Chacocente, 2000.....	51
13. Biomasa encontrada en los diferentes niveles de edades del bosque (t ha ⁻¹), RVS – Chacocente, 2000.....	51
14. Carbono encontrada en los diferentes niveles de edades del bosque (tc ha ⁻¹), RVS – Chacocente, 2000.....	53

INDICE DE FIGURAS

No. Figura	Pág.
1. Mapa de ubicación del Refugio de vida silvestre, Chococente en el sudoeste de Nicaragua.....	24
2. Mapa de Ubicación de las parcelas de investigación - bosque secundario Chococente.....	25
3. Diagrama de las parcela y sub parcelas de muestreo, RVS - Chococenté, 2000.....	31
4. Tendencia del Numero de árboles mayores y regeneración en el bosque seco secundario de Chococente - RVS, 2000.....	54
5. Diámetros y altura predominantes en el bosque tropical seco secundario de Chococente - RVS, 2000.....	55
6. Riqueza Florísticas en el bosque tropical seco secundario de Chococente - RVS, 2000.....	56
7. Biomasa acumulada por la vegetación en los diferentes niveles de edades, RVS – Chococente, 2000.....	57
8. Carbono acumulada en los diferentes niveles de edades, RVS – Chococente, 2000.....	58

RESUMEN

El estudio se realizó en el bosque Seco caducifolio, ubicado dentro del Refugio de Vida Silvestre Escalante – Chacocente, en el extremo sur oeste del departamento de Carazo. La finalidad fue estimar el contenido de carbono y almacenamiento en el bosque en diferentes niveles de edades; de cero, doce, veinte y cincuenta años.

La dinámica del ciclo de carbono en los ecosistemas forestales es muy compleja, por lo que se procedió a realizar una estimación de todo el componente boscoso, como la vegetación aérea, suelos, incluyendo materia en descomposición, hojarasca, regeneración y sotobosque. Por lo cual, se procedió a la realización de un inventario forestal para estimar la biomasa aérea haciendo uso de la ecuación de Martínez – Yrizar *et. al* 1992 citado por Brown (1997), para luego hacer la transformación a carbono mediante la fracción de carbono que equivale a 0.5.

La estimación del carbono edáfico se realizó mediante un muestreo de suelo a una profundidad de treinta centímetros, por cada nivel de edad. Del mismo modo se realizaron muestreos de hojarasca, sotobosque y litter las cuales fueron analizadas en el laboratorio de suelo y agua de la Universidad Nacional Agraria (UNA) y el laboratorio de suelo del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

Los resultados de la estimación de biomasa, carbono y suelo fueron los siguientes:

En la parcela uno del nivel cero año se estimó 34.5 toneladas por hectárea.

En el nivel doce años en las parcelas uno y dos se estimó 61.1 y 66.9 toneladas por hectárea respectivamente. En el nivel de veinte años la producción de biomasa es de 67.8 y 78.6 toneladas por hectárea en la parcela uno y dos de dicho nivel. La cantidad de biomasa en el nivel de cincuenta años en las parcelas uno, dos y tres respectivamente son 55.7, 64.4 y 86.9 toneladas por hectárea.

La estimación de carbono presente en el bosque en los diferentes componentes tales como litter, necromasa, sotobosque, regeneración, árboles mayores y suelo dio como resultado:

En el nivel de cero año 212.05 toneladas de carbono por hectárea, en el nivel doce 216.4 en la parcela uno y 297.4 en la parcela dos, en el nivel de veinte años en las correspondientes parcelas uno y dos es de 231.2 y 312.1 toneladas de carbono por hectárea, en el nivel de cincuenta años en la parcela uno 299.6, parcela dos 244.9 y en la parcela tres 306.4 toneladas de carbono por hectárea.

I. INTRODUCCIÓN

El cambio climático es un tema que desde hace varias décadas a formado parte de las investigaciones del medio científico. La probabilidad del cambio climático mundial y sus posibles efectos en todos los ecosistemas de la tierra es uno de los problemas ambientales más discutidos en los últimos años.

Los avances en su comprensión y las crecientes evidencias de sus potenciales implicaciones ambientales sociales y económicas, a escala nacional, regional global han hecho que se realicen más estudios en este tema.

Una de las manifestaciones del cambio climático es el calentamiento global, producido por el incremento en la concentración de diversos gases en la atmósfera, conocido como de efecto invernadero entre los que destacan: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), Óxido nitroso (N_2O), cloro fluoruro de carbono (CFC) y ozono (O_3). El primero es el que predomina y se estima que es el responsable del 71.5% del efecto invernadero.

En los bosques la biomasa forestal juega un papel importante en el cambio climático, al cumplir la función de sumidero de gases del efecto invernadero (Segura 1999).

Los cálculos de biomasa de los ecosistemas forestales son esenciales para obtener un aproximado de la cantidad de carbono almacenado ya que existe una buena relación entre biomasa y carbono de 0.5.

En nuestro país no existen estudios de casos referente a la estimación de carbono en un bosque tropical seco y son muy poco los estudios realizados en ecosistemas forestales, razón por la cual, el presente estudio es el pionero y un aporte de conocimientos para las investigaciones futuras. La estimación de carbono en un bosque seco secundario, se realizó en Chococente ya que, representan el tercer grupo de formaciones selváticas de mayor importancia y se localiza en el Refugio de vida silvestre Escalante Chococente, Santa Teresa Carazo.

Este bosque es el reducto más grande de bosque tropical seco en Nicaragua. Hay información sobre la caracterización del mismo, ya que la Universidad Nacional Agraria ha realizado muchas investigaciones de dicho bosque.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Estimar cantidad de carbono presente en un bosque secundario seco en Chococente Carazo, Nicaragua.

Objetivo específicos

- Estimar la biomasa y necromasa total en un bosque seco tropical secundario.
- Cuantificar el carbono edáfico en un bosque seco tropical secundario.
- Determinar el contenido de carbono almacenado en diferentes estados de sucesión en un bosque seco tropical secundario.
- Analizar la pérdida de la cantidad de carbono por la ocurrencia de un disturbio y su recuperación a través de los años en un bosque seco tropical secundario.

Antecedentes

Las referencias siguientes fueron obtenidas del documento preparado en 1984 por el Instituto de Recursos Naturales y del Ambiente (IRENA).

Hacia finales de los años 1,800 la zona de río Escalante – Chococente presentaba una abundante vegetación y variada fauna silvestre. La agricultura de subsistencia y la ganadería extensiva eran las actividades principales de los habitantes de los caseríos.

A comienzo del siglo 20, se dan los primeros cambios, al iniciarse la tala de madera preciosá como: *Swietenia humilis* (Caoba), *Cedrela odorata* (Cedro Real), *Dalbergia retusa* (ñambar), *Guaiacum sanctum* (Guayacán), *Bombacopsis quinata* (Pochote), para su exportación a través del pequeño puerto del Astillero. Al finalizar el comercio maderero por agotamiento de las especies maderables, el uso del suelo cambió a ganadería de tipo extensivo (MARENA, 1984).

Alrededor de los años 40, el área aún contaba con una vegetación boscosa y fauna abundante, lo cual se ve afectada por los cazadores quienes depredaron las especies silvestres para su respectiva comercialización en los mercados vecinos (MARENA, 1984).

El segundo cambio brusco que sufrió el bosque se dio en los 50's, cuando se talaron los mejores árboles para ser utilizados como durmientes del ferrocarril del pacífico, destruyendo prácticamente el bosque primario, quedando solo maderas blandas.

En la década de los 60, la ganadería se intensificó y la mayor parte del área fue deforestada. Las únicas tierras que no fueron afectadas son las que ahora presentan vestigios de la vegetación original y que fue declarada en 1983 como refugio de vida silvestre Escalante-Chococente.

A pesar de esto, el bosque continúa siendo deteriorado por actividades antropogénicas, como la tala clandestina de árboles, quemas, pastoreo, caza de animales silvestre, excesiva extracción de miel y de huevos de tortugas paslamas, que salen del mar a desovar a las playas de la reserva, provocando año con año graves conflictos con la población que tiene este recurso como una alternativa de sobrevivencia (IRENA, 1987).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Bosque tropical seco

Los bosques tropicales secos representan el tercer grupo de formaciones selváticas de importancia y cuentan con una amplia biodiversidad y variaciones ecológicas, en ella interactúan de forma compleja muchos organismos, factores y fenómenos; entre estos la radiación solar con la atmósfera, los factores climáticos, el suelo, el agua, las plantas y animales. Este conjunto de interrelaciones es lo que se conoce como ecosistema tropical en un bosque seco (Sánchez, 1981, citado por Navarrete, 1986).

Los bosques deciduos y semi deciduos están comprendidos por bosques de ambientes ústicos en donde la estación seca es suficientemente fuerte, en este tipo de bosque el ciclo de los nutrientes presentan una considerable defoliación durante la estación seca. La radiación solar que llega a la superficie del suelo se incrementa durante dicha estación (Sánchez, 1981, citado por Navarrete, 1986).

Aproximadamente el 15 % de los trópicos están cubiertos por bosques semi deciduos, son una transición entre el bosque pluvial y los completamente deciduos. El ciclo de los nutrientes es diferente al del bosque pluvial. Presenta una considerable defoliación durante la estación seca, la radiación solar que llega a la superficie del suelo se incrementa drásticamente y la capa de hojarasca no se descompone durante la estación seca (Sánchez, 1981, citado por Navarrete y Téllez, 1996).

Romanh, (1992), citado por Filomeno, (1997), sostiene que los Bosques Tropicales Secos son recursos valiosos por que son fuente potencial de una gran variedad de bienes y servicios y en general cumplen con funciones esenciales, como la producción de materia prima, protección de otros recursos, recreación y como laboratorio biológico y genético natural.

Los Bosques Tropicales Secos (BTS) han sido transformado por actividades antropogénicas como extracción de madera, leña, carbón, quemados y otros. Cuando los bosques no son destruidos totalmente, las formaciones originales son sustituidas y desplazada por otro tipo de bosque más secos y con nuevo potencial productivo.

Según Salas J, (1993), el conjunto de la región ecológica I, al cual pertenece el bosque seco se puede encontrar un total de 258 especies de árboles diferentes, de los cuales 30 son especies plantadas o cultivadas, 89 son especies de avanzadas y el resto se encuentra distribuidos entre los diferentes tipos de bosque secos, la máxima diferencia de composición florística están relacionadas con los cambios topográficos y con la disponibilidad del agua.

2.2. Extensión y distribución de los bosques secos tropicales

Para 1987, se estimaba que en América Central existían unas 3,364,000 ha. En Nicaragua poseía 1,225,000 ha, la que representaba la mayor proporción de bosques en América Central (Martínez y Hughes, 1987, citado por Arauz, 1996).

Existen pocos vestigios del bosque Tropical seco que originalmente cubría América Central, Jenzen, (1986), Citado por Arauz, (1991), menciona que hoy en día los rodales de bosques secos en buen estado de conservación representan menos del 2 % del bosque seco original existente en la costa pacífica de América Central.

Los bosques tropicales secos de Nicaragua se encuentran en su mayoría en la llanura del pacífico con elevaciones por debajo de los 500 msnm con una marcada estación seca de 6 meses, la temperatura oscila anualmente entre los 25 °C y 30 °C, la precipitación anual varía entre los 700-1500 mm (Filomeno, 1996).

Existen Bosques Tropicales Secos, en los departamentos de Boaco y Matagalpa. Estos bosques se caracterizan por ser densos o ralos matorralosos y en algunos lugares semiáridos son bosques degradados en diferentes grados de sucesión y desarrollo, a su vez son usados para el abastecimiento de leña, carbón, y ganadería extensiva.

2.3. Características principales de los bosques tropicales secos

Los Bosques Tropicales Secos son más pobres en especies y con estructura más simple que los bosques húmedos. Estos se caracterizan por la existencia de asociaciones vegetales que comprenden desde arbustos espinosos, matorrales suculentos, plantas xerofíticas y en algunos lugares se manifiestan como zonas semidesérticas. Presentando uno o dos pisos, el primero alcanza árboles de hasta 20 m. el segundo piso, si existe, son árboles de 5-10 m, con pisos arbustivos, especies espinosas y gramíneas altas presentando una pobre composición florística que van de 12-20 especies por hectárea (Lamprech, 1990) (Anexo 1).

Las formaciones boscosas tropicales están localizadas en las regiones tropicales, contando con una estación seca muy marcada de 5-7 meses, con menos de 50 mm de lluvia. Con un régimen hídrico de 700-1000 mm anuales que excepcionalmente pueden ser mayores, su rango latitudinal va de 0-1000 msnm, la temperatura varía muy poco, la diferencia entre el mes más cálido y el mes más frío es de 3 °C, con la Temperatura media anual por encima de los 20 °C (Dulin, 1982, Citado por Arauz, 1996).

Los diferentes tipos de bosques secos presentan una serie de características comunes sobre todo fisionómica las que son consideradas como diversas adaptaciones al déficit temporal de agua. La mayoría de los árboles pierden el follaje en la primera mitad del período seco y permanecen sin él por mucho tiempo, no significa que se produzca un verdadero período de descanso puesto que muchas especies florecen en esa época (Lamprech, 1990).

Este tipo de bosque puede estar asociado a bosque de galería, en cuyo caso los cambios de las hojas se deben a la vejez, similar a los bosques perennifolios de la vertiente del Atlántico (Incer, 1970).

2.4. Suelos

El nombre de **formación de Brito** fue asignado por Hayes en 1899, a una potente serie de rocas sedimentarias que él pudo encontrar sobre la costa del pacífico de Nicaragua, en cabo Brito. (latitud $11^{\circ} 20'N$; longitud $86^{\circ} W$) en la cual se observan excelentes afloramientos.

La extensión fisiográfica de la formación Brito aflora en los departamentos de Rivas y Carazo en Nicaragua. El área de afloramiento posee una configuración alargada en dirección noroeste-sureste, pertenece al flanco suroeste del anticlinal de Rivas (Sprechmann, 1984, citado por Navarrete y Téllez, 1996).

La cordillera del pacífico y Brito la forma una serie de lomeríos encadenados, que se extiende paralelamente a la costa del pacífico, desde la Trinidad (Carazo) hasta la frontera con Costa Rica, la componen terrenos de 200-400 m de altura, con pendiente de 15 a más de 75 %, con vocación propiamente forestal (Marín, 1990, Citado por Navarrete y Téllez, 1996).

2.5. Geomorfología

Los suelos de bosque tropical seco de Chococente pertenecen a la unidad geomorfológica Escarpes de la Serranía de Brito.

Esta formación geológica corresponde al período del eoceno medio y superior (Dengo, 1962, citado por Sprechmann, 1984, citado por Navarrete y Téllez) presenta una amplia distribución en la mayor parte del pacífico, la superficie de esta unidad está constituido por areniscas, limolitas y lutitas tobáceas. Existe una variabilidad de materiales originarios sobre los cuales se desarrollan estos suelos, lo más importante son tobas, brechas volcánicas, sedimentos aluviales y de depósitos lacustres. Su espesor es aproximadamente 3,000 m, los suelos que se desarrollan de lutitas tobáceas que predominan en la superficie de la formación son alfisoles de régimen de humedad ústico (Haplustalfs), (Marín, 1990, citado por Téllez y Navarrete, 1996).

Los suelos presentes en la formación Brito son dos ordenes de alfisoles, vertisoles, molisoles, y entisoles.

Los entisoles son suelos de desarrollo tan superficial y recientes que solo se ha formado un epipedón ócrico o simplemente horizontales superficiales.

Los vertisoles son suelos con rangos de pendientes de 0-1.5 %, textura arcillas negras pesadas. Son profundos a moderadamente profundos. Muchas de las áreas en depresiones o en áreas bajas son inundadas con frecuencias por el escurrimiento de las áreas altas que la rodean, y perfectamente drenado a pobremente drenado, contenido de materia orgánica moderada (IRENA, 1986).

Los alfisoles son suelos que tienen cantidades significativas de arcillas en el horizonte B que en el A. Estos ocupan grandes extensiones de tierras forestales de árboles de hojas caducas, actuales o antiguas, los alfisoles incluyen arenas margosas, margas y arcillas cuyo horizonte Bt se han acumulado arcilla aluvial formando arcillanes (Buol, 1991).

2.6. Influencia del suelo en la vegetación

El suelo es más que un simple medio para el crecimiento de las plantas terrestres y un medio para proporcionar soporte físico, humedad y nutriente. Este es un sistema dinámico que aloja una multitud de organismos, como depósitos de los desechos de la naturaleza, filtra las sustancias tóxicas y almacena los nutrientes. El suelo es una de las principales características del hábitat que influye en el crecimiento de las plantas (Pritchett, 1990).

El intemperismo químico del material de origen puede influir en la distribución y en el desarrollo de la vegetación forestal debido a los cambios en la acidez, contenido de base y la disponibilidad de los nutrientes relacionados con la intensidad de este fenómeno (Pritchett, 1990).

La fisionomía general de la estructura y otros parámetros de las comunidades vegetales, como dominancia, abundancia y frecuencia, están a veces relacionados con condiciones edáficas y muestras patrones de distribución asociados con el drenaje, la profundidad, la textura y otros factores edáficos (Salas, 1987).

2.6.1. Factores de variación

Los factores ambientales que afectan el desarrollo del suelo también influyen en el tipo de comunidad vegetal que se desarrolla en un área determinada. Las propiedades como la textura, temperatura, Ph, Contenido de nutrientes y relación de humedad en el suelo de desarrollo bajo condiciones determinadas influyen en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Las especies responden de manera individual a las variaciones ambientales y aquellas que tienen demanda ambiental similar se presentan en comunidades semejantes (Pritchett, 1990).

2.6.2. Factores edáficos de mayor influencia.

Las principales características físicas de los suelos que influyen sobre la fisionomía y las características estructurales de la vegetación natural en los trópicos son: la porosidad, el drenaje, la textura, la humedad, la profundidad y la permeabilidad.

La humedad tiene una gran influencia en la regeneración del bosque controlando la germinación de la semilla, la sobrevivencia y el crecimiento de las plantas. Buenas condiciones de humedad en el suelo son indispensables para lograr una floración a tiempo, además de un excelente suministro y transporte nutrientes (Pritchett, 1979, citado por Salas, 1987).

2.7. Producción de biomasa

La productividad puede estudiarse desde distintos niveles en primer lugar puede estudiarse desde el punto de vista ambiental específicamente que tratándose de superficies terrestres corresponde a una evaluación del clima y de los suelos. Por lo tanto, en sentido estrictamente ecológico, la productividad puede definirse, como la producción de materia seca, en kilogramos, por unidad de área, por año. Se utiliza la materia seca, que es el peso de la materia orgánica sin su contenido normal de agua para eliminar la excesiva variabilidad de contenido acuoso en las diferentes especies en los diversos tejidos.

La productividad en materia seca puede ser la mejor medida de la producción ambiental pero es muy diferente en la productividad económica, la cual se basa en el valor que tienen el producto para el hombre y también diferente de la productividad alimenticia que constituye solo el valor económico de una porción del producto (Holdridge, 1997).

2.8. Estudio sobre la regeneración natural en bosque seco tropical

Rollet, citado por Cárdenas, 1986. Llama regeneración natural al conjunto de procesos mediante los cuales el bosque consigue establecerse por medios propios. Esta regeneración posee un especial interés e importancia para las comunidades en bosques tropicales, permitiendo la comprensión de los mecanismos de transformación de su composición florística, fisionómica y estructurales.

La regeneración natural generalmente se aplica al conjunto de plantas con un DAP menor de 10 cm, cuyo conocimiento es la base para comprender los mecanismos de cambios en la composición florística estructural del bosque. (Rollet, citado por Cárdenas)

Los bosques naturalmente se regeneran mediante la dispersión y germinación de semillas de los árboles maduros, es decir mediante la regeneración generativa. Muchas especies caducifolias tienen la capacidad de regenerarse mediante los rebrotes los que se originan de las yemas adventicias del tocón o de las raíces, lo que se denomina regeneración vegetativa (Bueso y Márquez, 1997).

2.9. Litera o Litter

La cubierta forestal es sin duda la característica más distintiva de los suelos forestales contribuye considerablemente a las propiedades únicas de ellos, el término de cubierta vegetal se utiliza para designar a toda la materia orgánica entre ella la hojarasca y la capa de materiales orgánicos en descomposición que descansan sobre la superficie del suelo mineral.

Se describen por lo general 3 capas de horizontes, o estratos, de la cubierta forestal, aun que no aparecen en todo los suelos (Hesselman, 1926, citado por Pritchett, 1990):

2.10. Carbono en el Suelo

Las estimaciones de las cantidades de carbono almacenados en el suelo se establecen a partir de medida de muestreo de suelo efectuados en el mundo entero. Se distinguen generalmente tres tipos de clasificación:

- Clasificaciones de suelo
- Clasificaciones de Vegetación
- Clasificaciones bioclimáticas

Un suelo está compuesto de una parte mineral y una parte orgánica, así como de agua, gas y de organismos vivientes.

La parte mineral de un suelo está constituido por fragmentos de rocas madres de alteración y de talla variables, inactivos químicamente, de elementos coloidales de un diámetro inferior a 2 micrómetros, en gran parte arcilla que juegan un papel importante en la absorción del agua y la fijación de iones, y iones minerales, fuentes de nutrición minerales para las plantas (Locatelli, 1999).

La parte orgánica de un suelo se presenta bajo dos formas:

1. Una forma bruta que contiene residuos vegetales o animales en descomposición.
2. Una forma humificada, o humus que corresponde a los compuestos húmicos, cuerpos químicos complejos elaborados por las bacterias y hongos del suelo a partir de la descomposición de las células animales y vegetales (Lacoste y Salanon, 1991, Citado por Locatelli, 1999).

La materia orgánica se encuentra entre 1mt. - 1.5 m superior del suelo, se reagrupa sobre todo en la capa situada entre 1-20 cm de profundidad.

El carbono está igualmente presente en la parte mineral del suelo, principalmente bajo forma de carbono y bicarbonato de calcio, magnesio y sodio (Locatelli, 1999).

La materia orgánica en los suelos se compone de raíces, de plantas vivas, restos poco alterado de plantas muertas, restos de plantas descompuestas en partes, materia orgánica coloidal, o humus, formado a menudo 60 a 70% de la materia orgánica total; microorganismos vivos (bacterias, protozoarios, hongos, etc.) y macroorganismos (lombrices, hormigas, termitas, etc.); materia orgánica inactiva e inerte (carbón, vegetación quemada, cenizas) (Locatelli, 1999).

El tenor en materia orgánica, habitualmente del 1-5 % de la masa seca en la superficie del suelo, disminuye con la profundidad. El carbono representa un promedio del 58 % de la materia orgánica, aún si, en los trópicos constituye solamente de un 45-55 % (Locatelli, 1999).

La cantidad de carbono depende de las características del suelo, cubierta vegetal, topografía, condiciones hidrológica, altitud y tipo de explotación humana (Locatelli, 1999).

La cantidad de carbono representa menos del 0.2 % del total para las profundidades superiores a 1 m y menos del 0.1 m para las profundidades superiores a 1.5 m, salvo algunas excepciones que cubren pequeñas superficies, la capa superficial de 20 cm de profundidad, raramente contiene mas de 5 % de carbono. Relativamente poca información está disponible sobre los suelos de los bosques, sin embargo, se estima que un bosque secundario contiene 75 % de carbono de un bosque primario del mismo tipo (Locatelli, 1999).

En la mayoría de los dos tipos de suelo la cantidad de carbono almacenado es alta en climas húmedos y baja en climas calientes.

La descomposición de la materia orgánica de los suelos para obtener una aproximación de la cantidad de carbono liberado por los suelos, se puede considerar que 50 % del carbono de la capa superior de 30 cm de espesor, está oxidado después del cambio de la utilización del suelo (Locatelli, 1999).

2.11. BOSQUE

La vegetación terrestre absorbe anualmente una cantidad bruta de carbono cerca de los 100 mil millones de toneladas, en la productividad primaria bruta, alrededor de la mitad de este carbono se libera rápidamente hacia la atmósfera por la respiración de las plantas, la otra mitad, es decir 40-60 mil millones de toneladas bajo acción de los animales fitófagos y reductores (Goudrian, 1992, citado por Locatelli, 1999) (Anexo 11.)

En los ecosistemas forestales, las cantidades promedio de carbono aumentan desde los trópicos hasta las regiones boreales, sin embargo, los suelos de los bosques tropicales no son muy diferentes a los suelos de bosques templados, en términos de carbono (Schlesinger, 1984, citado por Locatelli, 1999).

La densidad casi no varía dentro de un mismo tipo de vegetación y presenta poca dificultad para los análisis de los suelos.

La densidad de carbono aumenta de izquierda a derecha, debido al aumento de la producción de materia orgánica, con las precipitaciones este efecto es el más marcado bajo los trópicos, donde la temperatura no limita la productividad.

2.12. Los bosques como reservorios de carbono

La superficie forestal estimada en la tierra es de 4.1×10^9 ha, donde las áreas naturales protegidas abarcan el 23 %, menos del 10 % de las áreas que se encuentran bajo

manejo. Aproximadamente el 37 % de carbono se encuentra en latitudes bajas (0° – 25° latitud), 14 % en las medias (25° – 50° latitud) y 49 % en las altas (50° - 75° latitud). Es por eso que Dixon et al, (1994), citado por Ordóñez, (1999), afirman que la proporción de carbono capturado por la vegetación y suelo difieren en cuanto a su ubicación geográfica respecto a su latitud. Dos terceras partes del carbono en ecosistemas forestales se encuentran contenido en el suelo.

Los bosques tropicales almacenan en la vegetación y el suelo 159 Gtc y 216 Gtc, respectivamente, para un total de 375 Gtc (Brown et al, 1993).

El CO_2 atmosférico es incorporado a los procesos metabólicos de las plantas mediante la fotosíntesis. Este CO_2 participa en la composición de todas las estructuras necesarias para que el árbol pueda desarrollarse (follaje, ramas, raíces y troncos).

Los componentes de la copa aportan materia orgánica al suelo, que al degradarse se incorpora paulatinamente y da origen al humus estable, este a su vez, aporta nuevamente CO_2 al entorno (Ordóñez, 1999).

Durante el tiempo en que el CO_2 se encuentra constituyendo alguna estructura del árbol y hasta que es enviado nuevamente al suelo o a la atmósfera, se considera almacenado. En el momento de su liberación (ya sea por la descomposición de la materia orgánica y/o por la quema de la biomasa) el CO_2 fluye para regresar al ciclo del carbono.

Los bosques a través de sus procesos fisiológicos tales como la fotosíntesis, absorben 110 gtc año^{-1} y por medio de la descomposición emiten de $54\text{-}56 \text{ Gtc año}^{-1}$. el suelo, el detritus y la turba almacenan 172 Gtc aproximadamente.

Nuestro planeta está rodeado por una delgada capa de gases denominada atmósfera, compuesta por nitrógeno (78.3 %), oxígeno (21 %), argón (0.3 %), dióxido de carbono (0.03 %), y otros gases en cantidades menores como helio, neón y xenón. Además contiene aerosoles (partículas) en cantidades variables dependiendo de su origen y

1. Capa de litter, que consta de restos muertos no alterados de plantas y animales, tiene que reconocer que si bien el litter no está esencialmente alterado se haya en cierta etapa de descomposición a partir del momento que llega al suelo. La capa del litter se considera parte de la cubierta forestal, pero por lo general no forma parte de los estratos de humus.
2. La segunda capa es una zona que se encuentra inmediatamente debajo del litter, consta de materia orgánica fragmentada y parcialmente desintegrada, se halla en un estado de preservación suficiente bueno para permitir la identificación de su origen.
3. La tercera consta de materia orgánica amorfa ya desintegrada. Es gran parte coprogénica, esta capa humificada a menudo es identificada como tal en los humus de tipo much.

La biosfera juega un papel importante en el ciclo del carbono debido a las cantidades de carbono que son almacenadas en ella, y eventualmente, las que son liberadas por la acción humana. Se estima que la biosfera contiene dos billones de toneladas de carbono, de los cuales 1.5 billones están en los suelos y 0.5 billones en la vegetación, contra 0.7 billones en la atmósfera (Locatelli, 1999).

El dióxido de carbono, presente en el aire en una concentración de 0.03%, es la única fuente de carbono para los vegetales clorofilos, cuyas células están constituidas de sustancias orgánicas (Lípidos, glúcidos, próticos) estructuradas por los átomos de carbono (Goudriaan, 1992, citado por Locatelli, 1999).

concentración, además, vapor de agua en concentraciones fluctuantes. Este último es responsable de gran parte de los fenómenos meteorológicos (Salati, 1990).

(Dixón et al, 1994, Maser, 1995, citado por Ordóñez) afirman que el dióxido de carbono (CO₂), es el principal gas de efecto invernadero con un 71.5 % de origen antropogénico. Otros gases con concentraciones menores producen el mismo efecto, tales como metano (CH₄), Óxido nitroso (N₂O), cloro fluoro de carbono (CFC) y ozono (O₃) (anexo 6 y 7).

El uso de combustible fósil y el cambio en el uso del suelo son considerados a nivel mundial como las dos principales fuentes netas de CO₂ a la atmósfera relacionadas con el cambio climático global (Mintzer 1992). Existen actividades por parte del sector industrial que contribuyen a la emisión de gases de invernadero (anexo 8).

En la naturaleza el carbono se halla por doquier: en el agua bajo la forma de compuestos carbónicos disueltos (los carbonatos), y en el aire como dióxido de carbono o anhídrido carbónico. Aproximadamente el 50 % del peso seco de cualquier organismo lo constituye este elemento, por lo que es uno de los más importantes elementos de la vida (Smith et al, 1993)

El contenido de carbono en un bosque tropical seco con una densidad abierta y discontinua, generalmente alcanza menos de una media de 40 toneladas de carbono por hectárea (tnc/ha). En cambio, el contenido de carbono de un bosque tropical húmedo puede alcanzar hasta 250 toneladas de carbono por hectárea (tnc/ha) en su parte en pie, sobre la biomasa del suelo (Brow y Lugo, 1984).

Los mecanismos principales del intercambio de carbono son la fotosíntesis, la respiración y la oxidación.

En general, las plantas verdes absorben el CO_2 de la atmósfera a través de la fotosíntesis. El carbono se deposita en follaje, tallos, sistemas radiculares y principalmente en el tejido leñoso de los troncos y ramas principales de los árboles. Por esta razón, los bosques son considerados importantes reguladores en el nivel de carbono atmosféricos (Hapkins, 1984, citado por Ordóñez, 1999).

Según reportes de la FAO (sin publicar), citado por Ciesla, 1996, los bosques representan el 27 % de la superficie terrestre y se ha calculado que contienen más del 50 % del carbono presente sobre la superficie terrestre y aproximadamente el 40 % de todo el carbono existente en el subsuelo (suelo, desperdicios y raíces), lo cual equivale a casi 1.146 Gtc. De este total, los bosques tropicales de baja latitud cuentan con aproximadamente 37 %, seguido de los bosques templados de latitud media con un 14 % y por último los bosques de alta latitud con un 49 % (Dixón *et al*, 1994).

Dixón *et al*, (1994), citado por Segura, (1999), indica que los bosques emiten anualmente $1.6 \pm$ Gtc, estas emisiones equivalen a un 23 % de las emisiones totales de carbono. Sin embargo, esta cifra se vio compensada por una absorción anual 0.7 ± 0.2 Gtc, debido a la expansión y al crecimiento de los bosques de latitudes medias y altas. En síntesis, hay una contribución neta de carbono atmosférico de 0.9 ± 0.4 Gtc al año, por parte de los ecosistemas forestales mundiales.

Ciesla (1996), afirma que los bosques difieren en su capacidad de absorber y almacenar carbono, principalmente influenciados por factores como: temperatura, precipitación, densidad de masa, tipo de suelo, pendiente, altura, condiciones topográficas, índices de crecimiento y edad.

2.13. Cuantificación de biomasa y carbono en bosques naturales

Los inventarios forestales han sido punto de partida para los estudios de estimaciones de biomasa y carbono en bosques naturales. En el caso de Brown (1997), utilizó datos de inventarios para generar ecuaciones que estimen biomasa.

La información de los inventarios introduce errores grandes en las estimaciones. Otros errores en las mediciones del volumen original son; problemas de árboles huecos, la conversión de volúmenes medidos a un diámetro mínimo más grande a un diámetro mínimo más pequeño, el uso de la gravedad específica de la madera y la conversión final de biomasa de madera de fuste a biomasa total (Brown y Lugo, 1992).

Los primeros trabajos en las regiones templadas a cerca de la estimación de biomasa de árboles y bosques aparecieron al principio del siglo XX, sin embargo, para las regiones tropicales los trabajos son escasos y por ello la información para estimar la cantidad de biomasa es muy pobre (Brown y Lugo, 1982, Pardé, 1980, Citado por Segura, 1999).

2.14. Métodos para la estimación de biomasa

El primero es el método destructivo, consiste en medir los diámetros básicos de un árbol, cortarlo y determinar la biomasa a través de su peso directo de cada uno de sus componentes (raíces, ramas, fuste y follaje) a su vez la biomasa de ramas y raíces se puede subdividir en categorías diamétricas extrapolando los resultados grandes áreas (Ortiz, 1993, Araujo *et al*, 1999).

El segundo método es utilizado cuando el árbol es de dimensiones muy grandes, que es usual en bosques naturales, se utilizan los métodos de cubicación y estimando el volumen de las trozas con la fórmula de Smallian, Huber, entre otros; al final se suman

estos volúmenes para obtener el volumen total del fuste de las ramas gruesas. Se toman muestras de maderas del componente del árbol (por ejemplo: fuste, y/o ramas) y se pesan en el campo, luego se calculan en el laboratorio los factores de conversión de volumen a peso seco, es decir la gravedad específica verde y la gravedad específica seca (Ortiz, 1993 y Segura, 1997).

Otra forma de estimar la biomasa es a través de fórmulas y modelos matemáticos para realizar análisis de regresión entre las variables colectadas en el campo y de inventarios forestales (dap, altura comercial total, crecimiento diamétrico, etc.) (Araujo *et al*, 1999, Ortiz, 1993, Brown, 1997, citado por Segura, 1999).

Los estudio de cálculos de biomasa de los ecosistemas forestales son esenciales para obtener un aproximado de la cantidad de carbono almacenado y que la relación de la biomasa seca total con el carbono es aproximadamente 0.5 (Ciesla, 1996).

Las estimaciones de la cantidad de carbono almacenado para diversos tipos de bosques naturales, bosques secundarios y plantaciones forestales su mayoría asumen el valor de la fracción de carbono en materia seca en un 50 % para toda las especies en general, basado en un estudio realizado por Brown y Lugo en 1984. Sin embargo, las normas establecidas por el IPCC 1996 para realizar estimaciones de contenido de carbono en diferentes escenarios naturales, recomienda utilizar 0.50 como fracción de carbono en materia seca en caso de no existir datos disponibles.

Brown, (1998), citado por Cairns y Meganck, (1994), reporta que en la biomasa el promedio de tonelada de carbono para los bosques secos, entre 27 y 36 $tc\ ha^{-1}$ y para los bosques húmedos tropicales entre 155 y 187 $tc\ ha^{-1}$.

Waring y Schelensinger, 1985, citado por Cairns y Meganck, 1994, menciona que en promedio los bosques tropicales almacenan más carbono que otros ecosistemas, aproximadamente 44 veces más que las tierras dedicadas la agricultura. Así, se tiene

que en promedio los bosques tropicales almacenan 220 tc ha^{-1} , el bosque templado 150 tc ha^{-1} , para el bosque boreal se tiene un promedio 90 tc ha^{-1} , en pastizales se tiene un promedio de 15 tc ha^{-1} y por último en tierras dedicadas a la agricultura 5 tc ha^{-1} (Cairns y Meganck, 1994, citado por Segura, 1999).

Los estudio de carbono en biomasa para bosques naturales, dan resultados con un amplio rango de valores, dependiendo en gran parte de la fuente de información. Estos valores están basados comúnmente, en datos ecológicos de pequeñas parcelas que estiman la biomasa de inventarios a grandes escalas, como por ejemplo los estudios de Brown y Lugo, 1984 - 1992, y Brown *et al*, 1989.

2.15. Estimación de carbono

Chudnoff citado por Solórzano, 1992, reagrupó la madera en tres categorías (livianas, medianas y pesadas). Como no se contó con datos de biomasa, se utilizó el volumen por hectárea de los inventarios forestales y se corrigió con un factor dependiendo del diámetro (dap) mínimo de medición, asumieron que el contenido de carbono en bosques primario es de un 50 % y por último para estimar el carbono a fijar utilizaron la fórmula para calcular la productividad neta anual sobre el suelo (Ocic, 1996, citado por Segura, 1999).

Debido a lo anterior, la importancia radica en la medición y/o estimación de biomasa para los ecosistemas forestales. No obstante, por lo general para muchos tipos de bosques o plantaciones no se cuentan con datos de inventarios y mediciones de incrementos volumétricos. Estos podrían ser debido al alto costo que conlleva las investigaciones de este tipo (Ocic, 1996, citado por Segura, 1999).

Phillips *et al*, (1998), mencionan que los bosques tropicales contienen en la biomasa 40 % de carbono almacenado y su productividad es de 30 a 50 %, por lo tanto, una

pequeña perturbación en ellos podría resultar un cambio significativo en el ciclo del carbono global.

Sombroek et al, (1993), estimaron una distribución mundial de los depósitos de carbono, donde se presentan 38,000 Gtc en los océanos, en los suelos 1200 gct en forma de carbono orgánico y 270 Gtc en forma de carbonato de calcio, además se presentan reservas fósiles de carbono alrededor de 6,000 Gtc, en la atmósfera con 720 Gtc y en la biomasa vegetal con 560,Gtc. Los turbales son considerados un componente adicional importante en el ciclo del carbono, son un depósito natural de carbono que contiene entre 500 y 1000 Gtc (Ciesla, 1996).

El ciclo de carbono es considerado como conjunto de cuatro depósitos interconectados: La atmósfera, la biosfera terrestre (incluyendo los sistemas de agua fresca), los océanos y los sedimentos (incluso los combustibles fósiles). Estos depósitos son fuentes que cumplen la función de liberar el carbono de otra parte del ciclo (Ciesla, 1996).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción del área de estudio

3.1.1. Ubicación y extensión

El Refugio de Vida Silvestre Escalante - Chococente (RVS) se localizan en el extremo suroeste del departamento Carazo, sus coordenadas geográficas están comprendidas entre las altitudes $11^{\circ} 30''$ y $11^{\circ} 34''$ norte, y las longitudes $86^{\circ} 09''$ y $86^{\circ} 11''$ oeste. El refugio propiamente dicho abarca 4,800 ha, y se considera un área de influencia de unas 2,712 ha adicionales, lo que en conjunto totalizan cerca de 7,500 ha. (IRENA, 1984)

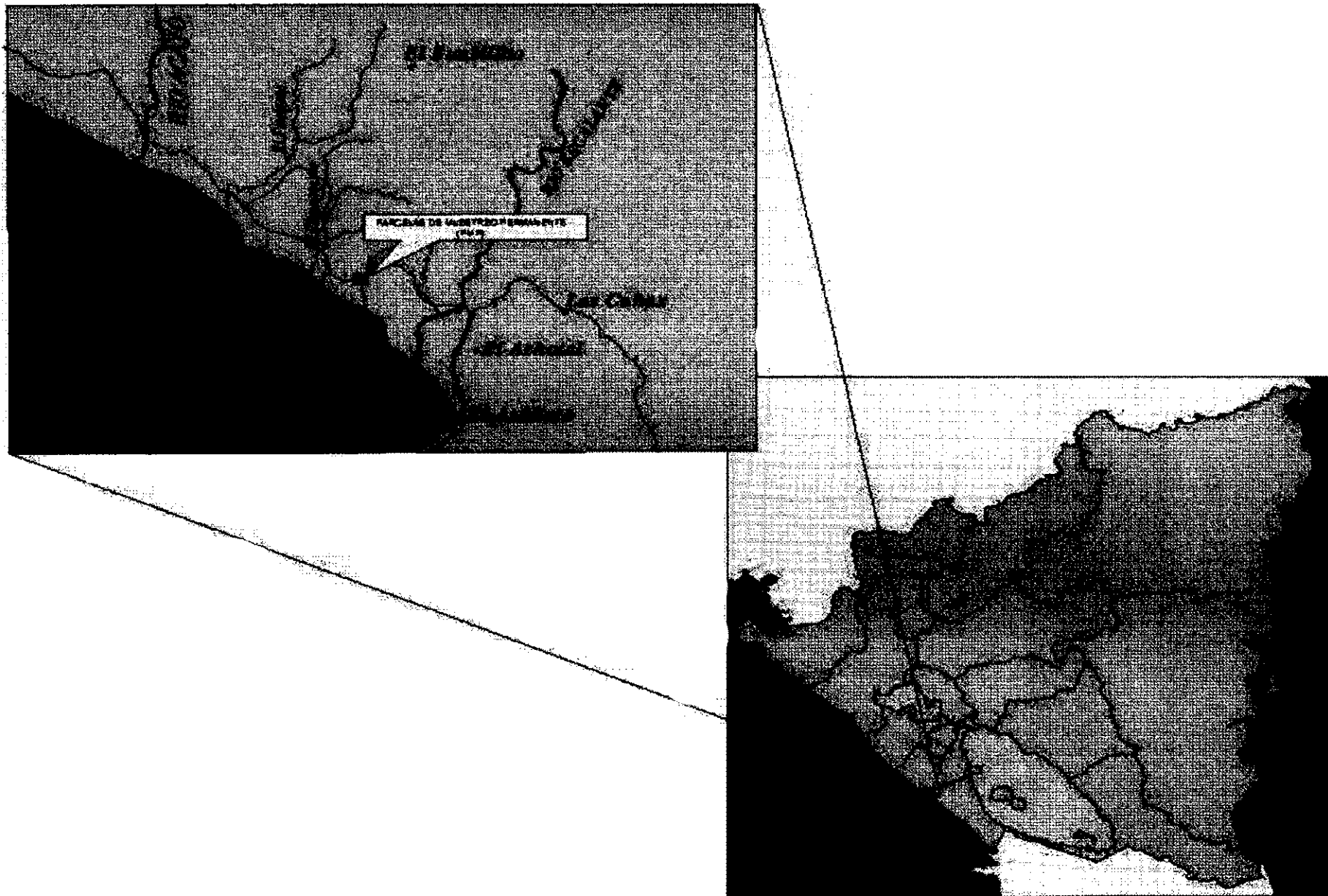
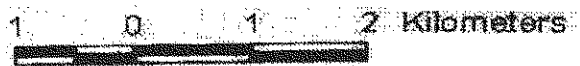
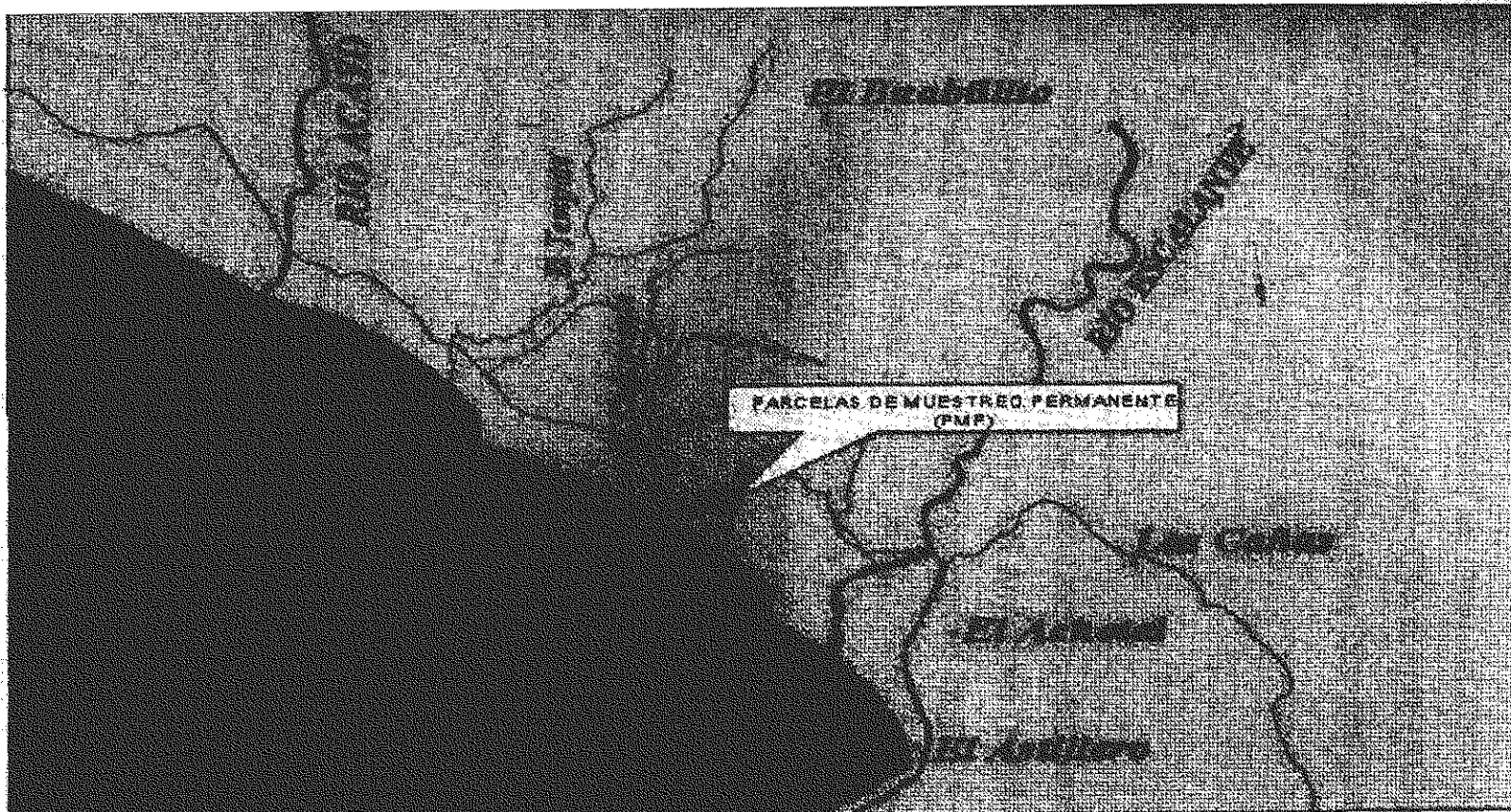


Figura 1. Mapa de ubgio de vida silvestre, Chococente en el sudoeste de Nicaragua, 2000.









-  Parcelas
-  Rios
-  Comunidades
-  Vias de Acceso
-  Camino General
-  Revestimiento ligero

Figura 2. Ubicación de las parcelas de investigación - bosque secundario Chococente, 2000.

3.1.2. Accesibilidad

Chococente se comunica a la carretera Interamericana por dos caminos de todo tiempo, una que va hacia Rivas y otra que sigue hacia Ochomogo, ambas vías convergen en el poblado la Salinas, desde donde se inicia un camino revestido, hasta Chococente. El Refugio de Vida Silvestre Escalante - Chococente (RVS) se comunica por el norte por las comunidades de Veracruz y la Conquista, que son penetrables con vehículo en tiempo seco.

3.1.3. Vegetación

El Ministerio de los Recursos Naturales y del Ambiente (MARENA) anteriormente Instituto de Recursos Naturales y del Ambiente (IRENA) realizó en 1987, un estudio de la vegetación en la zona, teniendo como objetivo general determinar, clasificar y delimitar los diferentes tipos de bosque existentes en el refugio de vida silvestre de Chococente. El estudio dio énfasis a una descripción florística de la vegetación y el grado de perturbación por actividades humanas en las zonas.

Según este estudio, se describieron 3 tipos de vegetación en la reserva:

- Bosque seco caducifolio
- Bosque de Galería
- Bosque de Playa

Bosque seco caducifolio está denominado principalmente por las especies: *Achatocarpus nigrican* (Barazon), *Allophyllum occidentale* (pata de venado), *Burcera simarouba* (jiñocuabo), *Gliricidia sepium* (madero negro), *Guazuma ulmifolia* (guacimo de ternero), *Gyrocarpum americanus* (talatate), *Luchea candida* (guacimo de molenillo),

Lysiloma divaricatum (quebracho), *Myrospermum frutescens* (chiguirin), *Stemmademia bovata* (huevo de chancho), *Tabebuia ochracea* ssp. y *Neochrysantha* sp. (Cortéz).

Los individuos de mayor diámetro y altura se encuentran en el bosque de galería, tales como las especies:

Albizzia caribea (guanacaste blanco), *Esterolobium cyclocarpus* (guanacaste de oreja), *Pithecellobium saman* (Genízaro), *Thounidium decadendrum* (melero), *Ziziphus guatemalensis* (nanciguiste).

En el bosque de playa las especies dominantes son:

Callycophyllum candidissimum (madroño), *Caesalpinia coriaria* (nacascolo), *Caesalpinia exostema* (niño muerto), *Phyllostylon brasiliensis* (escobillo), *Prosopis juliflora* (aguijote) y *Ziziphus guatemalensis* (nanciguiste).

3.1.4. Fisiografía y suelo

Las siguientes referencias han sido extractadas del documento elaborado por IRENA, 1984, fisiográficamente, la zona esta ubicada dentro de la provincia costera del pacífico enmarcada en la sub-provincia cordillera de Brito. La configuración del terreno en el área río Escalante - Chococente presenta dos formas principales fácilmente diferenciable:

- Terrenos Intermedios de la Formación Brito, compuestos por conglomerados gruesos, sobre los que descansan depósitos de areniscas calcáreas, calizas y lutitas. Estos terrenos originados por la emergencia de fondos marinos, presentan la forma de lo más homoclinales.
- Terrenos bajos de origen fluviales, formados por los abanicos planos de inundación de los ríos Acayo y Escalante. Estos terrenos se caracterizan por su topografía bastante plana, extendiéndose entre el pie del monte de la loma homoclinales de la

formación Brito, hasta la línea costera. La topografía del área se caracteriza por ser muy irregular y escarpada, encontrándose pendientes hasta de 100 % las lomas y colinas alcanzan alturas mayores a 400 msnm, las cuales están entre cruzadas por cauces secos de pequeñas corrientes y riachuelos que solo están activos en la estación lluviosa.

- Las partes planas que descienden de las zonas escarpadas se extienden hasta la playa, formando pequeños valles aluviales en la desembocadura de los ríos y esteros, presentándose áreas inundadas en las partes más bajas.

El área presenta principalmente suelos aluviales, verticus o vertisoles y suelos coluviales. Estos pertenecen en su mayoría a la clase de capacidad de uso IV y VII (del sistema de clasificación USDA) representando el 85 % del área total, estos se caracterizan por encontrarse en terrenos moderadamente escarpados a muy escarpados, de textura variable, que van desde franco-arcilloso-gravoso, superficiales o poco profundos, excesivamente drenados a pobremente drenados, desarrollados de cenizas volcánicas y rocas terciarias básicas.

El 11.5 % de los suelos de la reserva pertenecen a la clase II y III, caracterizándose por ser bastante planos (pendientes de 0-4%), profundos y de permeabilidad lenta (IRENA, 1984).

3.1.5. Clima

No se cuenta con datos climáticos propios para el área de Chococente. Por lo tanto se presentan los valores de precipitación y temperatura media de las estaciones meteorológicas de dos localidades vecinas, de las zonas de estudio, Nandaime y Rivas. Interpolando los promedios anuales de Nandaime (1442 mm) y Rivas (1172 mm), se asume para la zona de Chococente una precipitación promedio de 1,200 a 1,300 mm. Con cinco meses secos con menos de 50 mm de lluvias (Tercero y Urrutia, 1994).

De acuerdo con el sistema de clasificación de zona de vida de Holdridge, la zona en referencia se encuentra dentro del llamado Bosque Tropical Seco, transición a sub tropical caracterizado por temperaturas mayores de 24 ° C y precipitaciones entre 1,000 y 2,000 mm (IRENA, 1987).

3.2. PROCESO METODOLOGICO

3.2.1. Selección de las parcelas de estudio

La metodología empleada en este estudio es una modificación de otras metodologías propuestas por otros estudiosos en el tema sobre la estimación de carbono presente en un bosque.

En años anteriores la Universidad Nacional Agraria con el objeto de contribuir al desarrollo de los estudiantes y del país en general; además como recopilación de información de estos bosques, en esa área se llevó a cabo inventario forestal para estudiar el incremento de cada especie por año, obteniéndose como parte de los resultados la edad de cada bosque o parcela en estudio, en cuatro niveles de edad, siendo estos de nivel base, 12, 20, 50 años

Parcela de nivel base

Al nivel base se refiere al área boscosa que fue atacada por un incendio forestal. La zona esta localizada a un kilómetro la estación biológica de Chococente este sitio tiene un área de 1 ha. El suelo del sitio es arcilloso moderadamente profundo y pendientes suaves. Este bosque en un inicio fue explotado irracionalmente, luego de ser nombrado reserva natural, fue afectado por un incendio forestal.

Parcelas de 12 años

El área esta localizada a un kilómetro la estación biológica de Chococente este sitio tiene un área de 2 ha, es un valle ubicado entre dos colinas. El suelo del sitio es

arcilloso moderadamente profundo y pendientes suaves. Esta área inicialmente fue utilizada para el cultivo de sorgo, maíz posteriormente para pasto, después como potrero. Finalmente el área fue abandonada.

Parcelas de 20 años

La zona de estudio esta ubicada a una distancia de 1.5 kilómetro de la estación biológica de Chococente, y comprende un área de 2 ha. El suelo del sitio es arcilloso moderadamente profundo y pendientes suaves.

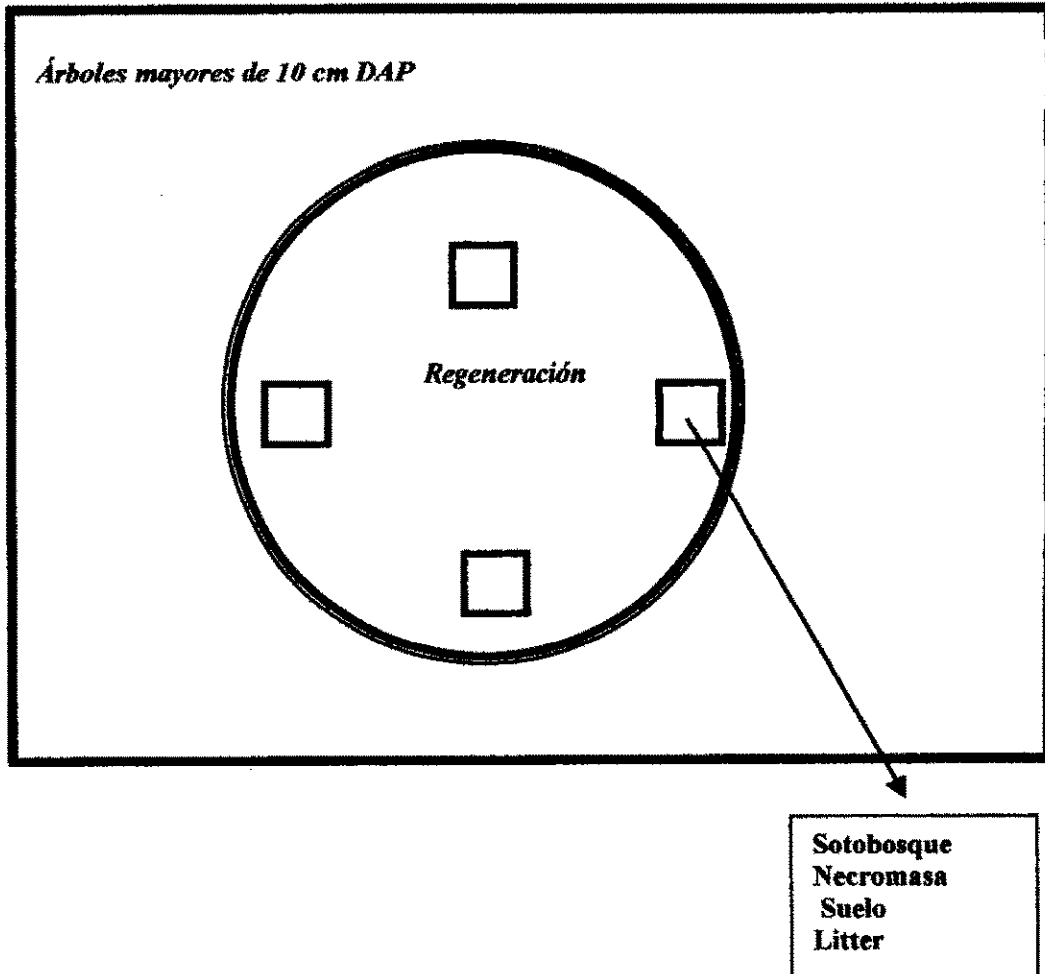
Esta área como la mayoría del bosque de Chococente fue explotada irracionalmente para la obtención de madera de construcción y leña. posteriormente fue abandonada y conservada

Parcelas de 50 años

El área de estudio esta ubicado a una distancia de 2 kilómetros de la estación biológica de Chococente la cual comprende un área de 3 ha es un valle entre dos colinas el suelo es arcilloso moderadamente profundo y pendientes suaves. En años anteriores el área fue explotada irracionalmente para la extracción de madera y leña, posteriormente el área fue abandonada.

Cabe destacar que las parcelas en estudio se realizará un inventario forestal y muestreo de suelo. En cada nivel de edad se procedió a instalar por cada hectárea 1 parcela temporal de muestreo (P.T.M) de forma cuadrada con dimensiones de 50 x 50 m. (2 500 m²) para la medición de los árboles mayores. Las parcelas se distribuyeron en forma sistemática en un transecto a lo largo del área de cada nivel de edad.

Figura 3. Diagrama de las parcelas y sub parcelas de muestreo, RVS-Chococente, 2000.



3.2.2. Medición de la vegetación a partir de 10 cm Diámetro a la altura del pecho (DAP)

La medición de esta vegetación se hizo en las parcelas de 50 x 50 m, inventariando todos los árboles a partir de 10 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP), y la altura total. Para delimitar las parcelas de muestreo se utilizó brújula, Cinta métrica, cuerda de 25 m, Cintas biodegradables, cinta diamétrica para la medición del DAP e Hipsómetro para realizar la medición de la altura total.

Debido a que en las áreas de estudios no se tumbaron árboles mayores por ser una reserva de vida silvestre y tomando en cuenta los datos obtenidos en el inventario forestal se decidió estimar la biomasa a través de la ecuación alométrica de Martínez – Yrizar *et al.* Citado por Brown (1997) para árboles presentes en un bosque tropical seco (Ec. 1) (Anexo 2).

3.2.3. Regeneración natural

En las parcelas de 50 x 50 m se delimitó una parcela circular de 500 m², de 12.87 m de radio. En esta parcela se inventario la regeneración natural, es decir, toda la vegetación arbórea menor de 10 cm de diámetro, hasta una altura total. La regeneración en estudio es catalogada como latizal alto, o sea aquellos individuos con un dap menor a 9.9 cm (Bueso y Marques 1997). (Anexo 3.)

3.2.4. Sotobosque

La vegetación herbácea en el almacenamiento y fijación de carbono en un bosque tropical es poca, sin embargo debido a la importancia del estudio sobre la estimación de carbono en el bosque, en general fue necesario el cálculo en este estrato.

Dentro de la parcela circular se delimitó 4 sub- sub parcelas de 2 x2 m o sea de (4 m²). En una de las sub – sub parcelas se tomó el sotobosque presente o sea todas las

especies herbáceas, lianas, y arbustivas, se picaron y pesaron obteniendo una muestra total de peso fresco. Posteriormente el sotobosque fue trasladado al horno para obtener peso seco en gramo. Con el peso seco obtenido y con la fracción de carbono 0.5 (IPCC,1997) se obtiene el carbono presente en el sotobosque.

3.2.5. 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 depositaciones de materiales al irse acumulando y compactando, almacenado una cierta cantidad de carbono (Locatelli, 1999).

El muestreo de suelo se realizó en las cuatro sub – sub parcelas de 4 m², Se procedió a limpiar el lugar de muestreo cortando la maleza con un machete, luego se tomaron las muestras de suelo a una profundidad de 30 cm, la cual se llevó a cabo con un barreno para suelo. En cada sub sub parcela se obtuvo cuatro muestras de suelo con un total de 16 muestras por parcelas con un peso de 500 gr, por cada parcela se tomó una muestra de densidad aparente. Las muestras fueron analizadas individualmente en el laboratorio, mediante el método de walkley black para la obtención de carbono orgánico y densidad aparente mediante el método del cilindro.

Una vez obtenido los datos de laboratorio de carbono orgánico y densidad aparente, se realizaron conversiones necesarias para el cálculo en toneladas de carbono orgánico por hectárea (Anexo 4 y 5).

$$CO = CO\% \times DA \times Pr(cm)$$

Ecu. 1

Donde:

CO%: porcentaje de carbono orgánico obtenido en el laboratorio.

DA: densidad aparente obtenido en el laboratorio.

Pr: Profundidad en centímetros en que se tomo las muestras en el campo.

3.2.5.1 Método para análisis físicos y químicos de suelo

1. Análisis físicos

Densidad Aparente: Método del cilindro (FAO 1970) se utiliza un cilindro metálico de 100 cm³ de volumen, para obtener muestras de suelo no alterada en su estructura, las cuales se secan al horno a 150^o c, durante 18 hrs.

$$DA = \frac{\text{Peso suelo seco}}{\text{Volumen de suelo}} \quad \text{Ecu. 2}$$

2. Análisis químico

Carbono Orgánico: método de combustión húmeda (wakley y black. 1965).

Se utiliza dicromato de potasio 1N, como oxidante en presencia de ácido sulfúrico. El dicromato en exceso se titula con solución valorada de sulfato ferroso 0.5 N con difenilamina como indicador.

3.2.6. Necromasa

En los bosques la cantidad de carbono depende de factores como la intensidad de luz que alcanza la copa, la densidad de población y la edad del mismo, según experimentos han demostrado que la cantidad de hojas que tiene un árbol no puede pasar de los cuarenta kilos por muy grande que sea el mismo (Ogawa et al. 1965).

En la sub parcela circular se delimitarán 4 sub- sub parcelas de 2 x2 m. (4 m²). En una de las sub – sub parcelas se tomó muestras de hojas y todos los desechos que se encontraron en la sub parcela y se obtuvo el peso fresco de todo el material en gramos.

Posteriormente en el laboratorio se tomó una sub muestra de 200 g que se introdujo al horno para luego obtener el peso seco en gramos. Con los datos obtenidos calculamos el carbono presente en la necromasa.

3.2.7. Litera

La tasa de descomposición de los residuos orgánico no depende simplemente de los factores ambientales, sino en mucho mayor grado en las especies. Entre las mismas especies latifoliadas hay diferencias importantes en la descomposición en su fórmula química y estructural (Prichette, 1990).

El litter o litera se determinará recogiendo todo los desechos que se encuentren bajo la cubierta forestal en una trampa, la cual consta de una estructura en forma de cuadro con una dimensión 50 x 50 cm con lados de escasa altura.

Se tomará una muestra de litera dentro de la primera sub - sub parcela de 2 x 2 m (4m²) se barre con una brocha, la muestra que resulte de esa práctica se pondrá en una bolsa para obtener su peso fresco en gramos. En el laboratorio fue introducida al horno y se determinó su peso seco correspondiente.

3.2.8. Estimación de biomasa en árboles mayores y de regeneración

La razón por la cual se utilizó la ecuación alométrica para la estimación de biomasa es por que el bosque en estudio tiene los mismos parámetros que aconsejan para la utilización de dicha ecuación osea, para bosque tropical seco con una precipitación de mayor de 900 mm año⁻¹ y árboles con Dap 3-30 cm.

Cuadro 1. Ecuación Alométrica para estimar biomasa por árbol para un bosque seco, 1992.

	Zona climática de vida	Ecuación	Rango dap (cm)	R²	Fuente
Ecu. 3	Seca	$B=10^{[-0.535+\log(AB)]}$	3-30	0.94	Martinez-Yrizar et al. (1992) citado por Brown, (1997)

Donde:

B: Biomasa total (kg árbol⁻¹)

DAP: Diámetro a la altura del pecho (cm)

Altura Total del árbol: (m.)

AB: Área basal (cm²)

Área basal: El área basal es una de las principales mediciones indirectas y es la superficie de la sección transversal de un árbol a la altura del pecho y se calcula en base al DAP, mediante la formula.

R²:

$$AB = (0.7854) \times [(DAP)^2 / 10000]$$

Ecu. 4

Donde:

AB = Área Basal en metros cuadrados

DAP = diámetro a la altura del pecho en centímetros

3.2.9. Estimación de carbono tonelada por hectárea (Ton/ha)

El IPCC (1996), establece que para realizar estimaciones de contenido de carbono en diferentes escenarios naturales, recomienda utilizar el mínimo valor de 0.50 en caso de no existir datos disponibles.

Por esa razón para estimar el carbono obtenido en la necromasa, sotobosque y litter del bosque en estudio se utilizó dicha fracción de carbono.

Cuadro 2. Estimaciones de la media de carbono/ ha almacenado sobre la superficie en distintas comunidades de vegetación (basado en los valores de biomasa de Olsen et. Al 1983, citado por Ciesla, 1986)

Zonas de vidas de Holdridge	TC/ha
Tropical Seco	50
Caliente seco Templado	25
Tierras arboladas Espinosas	15

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Riquezas florísticas

4.1.1. Nivel base.

El área muestreada fue de 2, 500 m² en donde se realizó un inventario total, tomando en cuenta árboles mayores de diez centímetros de diámetro a la altura del pecho y altura total. Se registró una riqueza florística de 15 especies y trece familias botánicas. Del total de 13 familia botánicas encontradas, las más representativa son *fabaceae*, *caesalpinaceae* con dos repeticiones.

Cuadro 3. Especies arbóreas encontradas en el área de estudio en el nivel de nivel base en el inventario forestal, RVS – Chococente, 2000.

Nombre Común	Nombre Científico	Familia
Brasil	<i>Haematoxylon brasiletto</i> Karst	<i>Caesalpinaceae</i>
Chapèrno	<i>Lonchocarpus minimiflorus</i> Donn	<i>Fabaceae</i>
Chiquirín	<i>Myrospermum frutescens</i> Jacq.	<i>Fabaceae</i>
Guayacán	<i>Gualacum sanctum</i> L.	<i>Zygophyllaceae</i>
Guirrique	<i>Jacquinia aurantica</i> Mult.	<i>Theophrastaceae</i>
Guiliguiste	<i>Karwinskia calderón</i> Standl.	<i>Rhamnaceae</i>
Jiñocuabo	<i>Burcera simarouba</i> (L) Sarg	<i>Burceraceae</i>
Laurel	<i>Cordia alliodora</i> (R. Y. P) Oken	<i>Boraginaceae</i>
Naranjillo	<i>Capparis Odoratissima</i>	<i>Capparaceae</i>
Manzano		
Nacascolo	<i>Caesalpinia Coriaria</i> (Jacq.) Wild	<i>Caesalpinaceae</i>
Poroporo	<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd)	<i>Bixaceae</i>
Pochote	<i>Bombacosis quinatum</i> (Jacq) Dugand	<i>Bombacoceae</i>
Quebracho	<i>Lysiloma divaricatum</i> (Jacq)	<i>Mimosaceae</i>
Talalate	<i>Gyroscarpus americanus</i> (Jacq)	<i>Hernandaceae</i>

Se registró una riqueza florística de cinco especies en regeneración y un total de cinco familias. Se realizó un inventario total en una superficie de 500 m², tomando en cuenta especies mayores de 3 – 9.9 cm de diámetro utilizando variables dasométricas como el diámetro a diez centímetros normal y una altura total.

Cuadro 4. Especies arbóreas encontradas en el área de estudio en el nivel de nivel base en el inventario forestal, RVS – Chococente, 2000.

Nombre Común	Nombre Científico	Familia
Chapèmo	<i>Lonchocarpus minimiflorus</i> Donn	<i>Fabaceae</i>
Manzano		
Poroporo	<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd)	<i>Bixaceae</i>
Talalate	<i>Gyroscarpus americanus</i> (Jacq)	<i>Hernandaceae</i>
Cachito	<i>Stemmadenia ovobata</i>	<i>apocynaceae</i>
Cornizuelo	<i>Acacia costaricensis</i> Scheck	<i>mimosaceae</i>

4.1.2. Nivel doce años.

Se registró una riqueza florística 26 especies arbóreas en el nivel de doce año. La superficie total es de 2,500 m² por parcela realizándose un inventario total tomando en cuenta especies mayores de 10 cm de diámetro a la altura del pecho y altura total.

Del total de 15 familia botánicas encontradas, las más representativa son fabaceae, mimosaceae y boraginaceae con tres repeticiones y Caesalpinaceae, Rhanaceae con dos repeticiones.

Cuadro 5. Especies arbóreas encontradas en el área de estudio en el nivel de doce años, RVS – Chococente, 2000.

Nombre Común	Nombre Científico	Familia
Cachito	<i>Stemmadenia ovobata</i>	Apocynaceae
Cincho	<i>Lonchocarpus phlebophyllos</i>	Fabaceae
Cornizuelo	<i>Acacia costaricensis Scheck</i>	Mimosaceae
Chapèrno	<i>Lonchocarpus minimiflorus Donn</i>	Fabaceae
Chiquirín	<i>Myrospermum frutesces Jacq.</i>	Fabaceae
Cortez	<i>Tabebuia guayacán (seem) Hemsl</i>	Bignoniaceae
Jocomico	<i>Ximena americana L.</i>	Oleaceae
Guacimo Ternero	<i>Guazuma ulmifolia L.</i>	Sterculiaceae
Guacimo Molenillo	<i>Luchea candida</i>	Tiliaceae
Guiliguiste	<i>Karwinskia calderón Standl.</i>	Rhamnaceae
Guanacaste Blanco	<i>Enterolobium cyclocarpum (Jacq) Griseb</i>	Mimosaceae
Jíñocuabo	<i>Burcera simarouba (L) Sarg</i>	Burceraceae
Laurel	<i>Cordia alliodora (R. Y. P) Oken</i>	Boraginaceae
Melero	<i>Thounidium decandrum (Hum)</i>	Sapindaceae
Nacascolo	<i>Caesalpinia Coriaria (Jacq.) Wild</i>	Caesalpinaceae
Niño muerto	<i>Caesalpinia exostama (Jacq.) Wild</i>	Caesalpinaceae
Nancegüiste	<i>Zyziphus guatemalensis Hemsl.</i>	Rhamnaceae
Papaturro	<i>Cocoloba floridana (Benth)</i>	Poliganaceae
Poroporo	<i>Cochlospermum vitifolium (Willd)</i>	Bixaceae
Quebracho	<i>Lysikoma divaricatum (Jacq)</i>	Mimosaceae

Talalate	<i>Gyroscarpus americanus (Jacq)</i>	<i>Hernandaceae</i>
Tigullote	<i>Cordia alata (Poir)</i>	<i>Boraginaceae</i>
Vainillo	<i>Senna atomaria L. Irigin</i>	<i>Caesalpinaceae</i>
Muñeco	<i>Cordia bicolor (D.C)</i>	<i>Boraginaceae</i>
Melón	<i>Schoepfia schreberi</i>	<i>Olaceae</i>
Laurel macho	<i>Cordia gerascanthus (Jacq)</i>	<i>Boraginaceae</i>

Se realizó un inventario total en una superficie de 500 m² tomando en cuenta el diámetro de 3 – 9.9 cm y una altura total. Se registró una riqueza florística de 18 especies. El número de familia botánicas encontradas fueron doce en total. Siendo las más representativas la Mimosaceae y Boraginaceae con tres repeticiones. Las Caesalpinaceae y Fabaceae con dos repeticiones respectivamente.

Cuadro 5 se presenta la lista de especies encontradas en el sitio de estudio.

Cuadro 6. Regeneración encontradas en el área de estudio en el nivel de doce años, RVS – Chococente, 2000.

Nombre Común	Nombre Científico	Familia
Cachito	<i>Stemmadenia ovobata</i>	<i>Apocynaceae</i>
Cornizuelo	<i>Acacia costaricensis</i> Scheck	<i>mimosaceae</i>
Chapèrno	<i>Lonchocarpus minimiflorus</i> Donn	<i>Fabaceae</i>
Chiquirín	<i>Myrospermum frutesces</i> Jacq.	<i>fabaceae</i>
Cortez	<i>Tabebuia guayacán (seem) Hemsl</i>	<i>Bignonaceae</i>
Jocomico	<i>Ximena americana</i> L.	<i>Olaceae</i>
Guacimo Ternero	<i>Guazuma ulmifolia</i> L.	<i>Sterculiaceae</i>
Jilfocuabo	<i>Burcera simarouba (L) Sarg</i>	<i>Burceraceae</i>
Laurel	<i>Cordia alliodora(R. Y. P) Oken</i>	<i>Boraginaceae</i>
Melero	<i>Thounidium decandrum (Hum)</i>	<i>Sapindaceae</i>
Aromo	<i>Acacia farnesiana</i>	<i>Mimosaceae</i>
Niño muerto	<i>Caesalpinia exostama (Jacq.) Wild</i>	<i>Caesalpinaceae</i>
Manzano		
Papaturro	<i>Cocoloba floridana (Benth)</i>	<i>Polygonaceae</i>
Quebracho	<i>Lysiloma divaricatum (Jacq)</i>	<i>Mimosaceae</i>
Talalate	<i>Gyroscarpus americanus (Jacq)</i>	<i>Hernandaceae</i>
Tiguilote	<i>Cordia alata (Poir)</i>	<i>Boraginaceae</i>
Vainillo	<i>Senna atomaria L. Irgin</i>	<i>Caesalpinaceae</i>
Muñeco	<i>Cordia bicolor (D.C)</i>	<i>Boraginaceae</i>

4.1.3. Nivel veinte años.

Se realizó un inventario total en una superficie de 2,500 mc registrándose una riqueza florística de 7 especies arbóreas. Se utilizaron variables dasométricas como el diámetro a la altura del pecho, y la altura total, cabe mencionar que el diámetro fue tomado a partir de diez centímetro.

Del total de 17 familia botánicas encontradas, las más representativa son Fabaceae, Mimosaceae y Boraginaceae con tres repeticiones y Caesalpinaceae, Rhanaceae con dos repeticiones.

Cuadro 7. Especies arbóreas encontradas en el área de estudio en el nivel de veinte años, RVS – Chococente, 2000.

Nombre Común	Nombre Científico	Familia
Aromo	<i>Acacia farnesiana</i>	<i>Mimosaceae</i>
Brasil	<i>Haematoxylon brasiletto Karst</i>	<i>Caesalpinaceae</i>
Cachito	<i>Stemmadenia ovobata</i>	<i>Apocynaceae</i>
Cornizuelo	<i>Acacia costaricensis Scheck</i>	<i>mimosaceae</i>
Chapèmo	<i>Lonchocarpus minimiflorus Donn</i>	<i>Fabaceae</i>
Chiquirín	<i>Myrospermum frutesces Jacq.</i>	<i>fabaceae</i>
Espino negro	<i>Pisonia aculiata</i>	<i>nyctaginaceae</i>
Escobillo	<i>Phyllostylon brasiliensis</i>	<i>ulmaceae</i>
Jocomico	<i>Ximena americana L.</i>	<i>Olaceae</i>
Jovo	<i>Espodias mombin</i>	<i>Anacardiaceae</i>
Guacimo Ternero	<i>Guazuma ulmifolla L.</i>	<i>Sterculiaceae</i>
Guilliguiste	<i>Karwinskia calderón Standl.</i>	<i>Rhamnaceae</i>
Guirrique	<i>Jacquinia auramtica Mult.</i>	<i>Theophrastaceae</i>
Jiñocuabo	<i>Burcera simarouba (L) Sarg</i>	<i>Burceraceae</i>
Laurel	<i>Cordia alliodora(R. Y. P) Oken</i>	<i>Boraginaceae</i>
Manzano		
Melero	<i>Thounidium decandrum (Hum)</i>	<i>Sapindaceae</i>
Nacascolo	<i>Caesalpinia Coriana (Jacq.) Wild</i>	<i>Caesalpinaceae</i>
Naranjillo	<i>Capparis Odoratissima</i>	<i>Capparaceae</i>

Niño muerto	<i>Caesalpinia exostama (Jacq.) Wild</i>	<i>Caesalpinaceae</i>
Nancegüiste	<i>Zyziphus guatemalensis Hemsl.</i>	<i>Rhamnaceae</i>
Papaturro	<i>Cocoloba floridana (Benth)</i>	<i>Poliganaceae</i>
Quebracho	<i>Lysiloma divaricatum (Jacq)</i>	<i>Mimosaceae</i>
Talalate	<i>Gyroscarpus americanus (Jacq)</i>	<i>Hernandaceae</i>
Tigullote	<i>Cordia alata (Poir)</i>	<i>Boraginaceae</i>
Vainillo	<i>Senna atomaria L. Irigin</i>	<i>Caesalpinaceae</i>

Se realizó un inventario total en una superficie de 500 m² tomando en cuenta el diámetro de 3 – 9.9 cm y una altura total. Se registró una riqueza florística de 22 especies. El número de familia botánicas encontradas fueron doce en total. Siendo las más representativas la Caesalpinaceae con tres repeticiones, la Mimosaceae y Fabaceae con dos repeticiones respectivamente.

Cuadro 8. Especies en regeneración encontradas en el área de estudio en el nivel de veinte años, RVS – Chococente, 2000.

Nombre Común	Nombre Científico	Familia
Brasil	<i>Haematoxylon brasiletto</i> Karst	Caesalpinaceae
Cachito	<i>Stemmadenia ovobata</i>	Apocynaceae
Cornizuelo	<i>Acacia costaricensis</i> Scheck	mimosaceae
Cortez	<i>Tabebuia guayacán (seem) Hemsl</i>	Bignonaceae
Chapèrno	<i>Lonchocarpus minimiflorus</i> Donn	Fabaceae
Chilanco		
Chiquirín	<i>Myrospermum frutesces</i> Jacq.	fabaceae
Espino negro	<i>Pisonia aculiata</i>	nyctaginaceae
Guacimo Temero	<i>Guazuma ulmifolia</i> L.	Sterculiaceae
Guayacán	<i>Guaiacum sanctum</i> L.	Zygophyllaceae
Guirrique	<i>Jacquinia aurantica</i> Mult.	Theophrastaceae
Jiñocuabo	<i>Burcera simarouba</i> (L) Sarg	Burceraceae
Manzano		
Melero	<i>Thounidium decandrum</i> (Hum)	Sapindaceae
Naranjillo	<i>Capparis Odoratissima</i>	Capparaceae
Niño muerto	<i>Caesalpinia exostama</i> (Jacq.) Wild	Caesalpinaceae
Nancegüiste	<i>Zyziphus guatemalensis</i> Hemsl.	Rhamnaceae
Papaturro	<i>Cocoloba floridana</i> (Benth)	Poliganaceae
Quebracho	<i>Lysiloma divaricatum</i> (Jacq)	Mimosaceae
Talalate	<i>Gyroscarpus americanus</i> (Jacq)	Hernandaceae
Vainillo	<i>Senna atomaria</i> L. Irigin	Caesalpinaceae

4.1.4. Nivel cincuenta años.

Se realizó un inventario total en una superficie de 2,500 m² por parcela, registrándose una riqueza florística de 32 especies arbóreas. Se utilizaron variables dasométricas como el diámetro a la altura del pecho, y la altura total, cabe mencionar que el diámetro fue tomado a partir de diez centímetro.

Del total de 19 familia botánicas encontradas, las más representativa son Mimosaceae, Caesalpinaceae con cuatro repeticiones, Fabaceae con tres, Boraginaceae, Rhamnaceae y Anacardiaceae con dos repeticiones.

Cuadro 9. Especies arbóreas encontradas en el área de estudio en el nivel de cincuenta años, RVS – Chococente, 2000.

Nombre Común	Nombre Científico	Familia
Aromo	<i>Acacia farnesiana</i>	<i>Mimosaceae</i>
Brasil	<i>Haematoxylon brasiletto</i> Karst	<i>Caesalpinaceae</i>
Cachito	<i>Stemmadenia ovobata</i>	<i>Apocynaceae</i>
Cincho	<i>Lonchocarpus phlebophyllos</i>	<i>fabaceae</i>
Cornizuelo	<i>Acacia costaricensis</i> Scheck	<i>mimosaceae</i>
Crucifijo	<i>Randia cookii</i> standl.	<i>Rubiaceae</i>
Chaperno	<i>Lonchocarpus minimiflorus</i> Donn	<i>Fabaceae</i>
Chiquirín	<i>Myrospermum frutesces</i> Jacq.	<i>Fabaceae</i>
Espino negro	<i>Pisonia aculiata</i>	<i>Nyctaginaceae</i>
Guacimo Molenillo	<i>Lucea candida</i>	<i>Tillaceae</i>
Guacimo Temero	<i>Guazuma ulmifolia</i> L.	<i>Sterculiaceae</i>
Guanacaste Blanco	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq) Griseb	<i>Mimosaceae</i>
Guayacán	<i>Guaiacum sanctum</i> L.	<i>Zygophyllaceae</i>
Guirrique	<i>Jacquinia auramtica</i> Mult.	<i>Theophrastaceae</i>
Jíñocuabo	<i>Burcera simarouba</i> (L) Sarg	<i>Burceraceae</i>
Manzano		
Melero	<i>Thounidium decandrum</i> (Hum)	<i>Sapindaceae</i>
Muñeco	<i>Cordia bicolor</i> (D.C)	<i>Boraginaceae</i>
Naranjillo	<i>Capparis Odoratissima</i>	<i>Capparaceae</i>

Niño muerto	<i>Caesalpinia exostama (Jacq.) Wild</i>	<i>Caesalpinaceae</i>
Nancegüiste	<i>Zyziphus guatemalensis Hemsl.</i>	<i>Rhamnaceae</i>
Papaturro	<i>Cocoloba floridana (Benth)</i>	<i>Poliganaceae</i>
Quebracho	<i>Lysiloma divaricatum (Jacq)</i>	<i>Mimosaceae</i>
Talalate	<i>Gyroscarpus americanus (Jacq)</i>	<i>Hernandaceae</i>
Vainillo	<i>Senna atomaria L. Irgin</i>	<i>Caesalpinaceae</i>
Jocomico	<i>Ximena americana L.</i>	<i>Olaceae</i>
Guillguiste	<i>Karwinskia calderón Standl.</i>	<i>Rhamnaceae</i>
Jovo	<i>Espondias mombin</i>	<i>Anacardiaceae</i>
Laurel	<i>Cordia alliodora(R. Y. P) Oken</i>	<i>Boraginaceae</i>
Nacascolo	<i>Caesalpinia Cortaria (Jacq.) Wild</i>	<i>Caesalpinaceae</i>
Ronron	<i>Astronium graveolens (Jacq)</i>	<i>Anacardeaceae</i>

Se realizó un inventario total en una superficie de 500 m² tomando en cuenta el diámetro de 3 – 9.9 cm y una altura total. Se registró una riqueza florística de 20 especies. El número de familia botánicas encontradas fueron trece en total. Siendo las más representativas la Mimosaceae con tres repeticiones. Boraginaceae y Fabaceae con dos repeticiones respectivamente.

Cuadro 10. Especies de regeneración encontradas en el área de estudio en el nivel de cincuenta años, RVS – Chococente, 2000.

Nombre Común	Nombre Científico	Familia
Cachito	<i>Stemmadenia ovobata</i>	<i>Apocynaceae</i>
Cincho	<i>Lonchocarpus phlebophyllos</i>	<i>fabaceae</i>
Cornizuelo	<i>Acacia costaricensis Scheck</i>	<i>mimosaceae</i>
Crucifijo	<i>Randia cookii standl.</i>	<i>Rubiaceae</i>
Chapèrno	<i>Lonchocarpus minimiflorus Donn</i>	<i>Fabaceae</i>
Guanacaste Blanco	<i>Enterolobium cyclocarpum (Jacq) Griseb</i>	<i>mimosaceae</i>
Guayacán	<i>Guaiacum sanctum L.</i>	<i>Zygophyllaceae</i>
Guirrique	<i>Jacquinia auramtica Mult.</i>	<i>Theophrastaceae</i>
Jifocuaabo	<i>Burcera simarouba (L) Sarg</i>	<i>Burceraceae</i>
Manzano		
Melero	<i>Thounidlum decandrum (Hum)</i>	<i>Sapindaceae</i>
Naranjillo	<i>Capparis Odoratissima</i>	<i>Capparaceae</i>
Papaturro	<i>Cocoloba floridana (Benth)</i>	<i>Poliganaceae</i>
Quebracho	<i>Lysiloma divaricatum (Jacq)</i>	<i>Mimosaceae</i>
Talalate	<i>Gyroscarpus americanus (Jacq)</i>	<i>Hernandaceae</i>
Vainillo	<i>Senna atomaria L. Irgin</i>	<i>Caesalpinaceae</i>
Laurel	<i>Cordia alliodora(R. Y. P) Oken</i>	<i>Boraginaceae</i>
Ceiba	<i>Ceiba pentandra (L)Gaerth</i>	<i>Bombacaceae</i>
Tiguilote	<i>Cordia alata (Poir)</i>	<i>Boraginaceae</i>

El cuadro nos refleja que la composición florística es baja en el nivel base en comparación al resto de niveles, esto se debe a que el área en estudio fue afectada por un incendio forestal que influyó negativamente en dicho bosque, sin embargo, en los niveles de doce y veinte años la diversidad florística es similar en cuanto al número de especie y familia puesto que estos bosques son relativamente jóvenes y están más simplemente estructurados siendo homogéneos en cuanto a edad y dimensión.

En nivel de cincuenta años la composición florística es menor, debido a que la composición y estructura del bosque cambia con el paso del tiempo.

En el nivel base debido al incendio forestal que destruyó en su mayoría el ecosistema no se puede determinar a simple vista la edad de este, razón por la cual los árboles que sobrevivieron al incendio fueron los de mayor desarrollo tanto en altura como en diámetro; con respecto a los niveles de 12, 20 y 50 años apreciamos que a partir que aumenta la edad del bosque aumenta tanto el diámetro como su altura.

Cuadro 11. Comparación de la riqueza florística y dasométrica encontrada en el inventario forestal, RVS- Chococente, 2000

Nivel de edad (Años)		Nivel base	Doce	Veinte	cincuenta
Árboles mayores	Familia	13	15	17	19
	Especies	15	26	27	32
	No. Árboles	164	632	432	444
	Dap*	19	13.5	14.6	17
	Altura Total*	8.2	5.2	6.2	7
Regeneración	Familia	5	12	12	20
	Especies	5	18	22	13
	No. Árboles	220	2480	1800	630
	Diámetro*	1.05	4.3	5	5
	Altura Total*	0.5	3	3	3

*Dap (cm²), Diámetro y Altura total (m) son datos promedios.

4.2. Biomasa en los diferentes niveles de edades del bosque ($T\ ha^{-1}$)

Nivel base, la biomasa obtenida, en árboles mayores es de 1.8 toneladas de biomasa por hectárea, en regeneración fue de 1.1 toneladas de biomasa por hectárea, el sotobosque la cantidad toneladas de biomasa por hectárea es 0.5, en litter es de 12 toneladas de biomasa por hectárea, en la necromasa 3 toneladas de biomasa por hectárea, teniendo un total de 35 toneladas de biomasa por hectárea en el nivel base. (Anexo 9 y 10)

En el nivel de 12 años, la biomasa obtenida, en árboles mayores es de 34.3 toneladas de biomasa por hectárea, en regeneración fue de 9.35 toneladas de biomasa por hectárea, el sotobosque la cantidad toneladas de biomasa por hectárea es 0.75, en litter es de 14 toneladas de biomasa por hectárea, en la necromasa 0.05 toneladas de biomasa por hectárea, teniendo un total de 64 toneladas de biomasa por hectárea en el nivel base (Anexo 9 y 10).

En el nivel veinte, la biomasa obtenida, en árboles mayores es de 37 toneladas de biomasa por hectárea, en regeneración fue de 14 toneladas de biomasa por hectárea, el sotobosque la cantidad toneladas de biomasa por hectárea es 0.56, en litter es de 14.35 toneladas de biomasa por hectárea, en la necromasa 7.56 toneladas de biomasa por hectárea, teniendo un total de 73 toneladas de biomasa por hectárea en el nivel base. (Anexo 9 y 10)

Nivel cincuenta, la biomasa obtenida, en árboles mayores es de 42 toneladas de biomasa por hectárea, en regeneración fue de 5.47 toneladas de biomasa por hectárea, el sotobosque la cantidad toneladas de biomasa por hectárea es 0.57, en litter es de 13.57 toneladas de biomasa por hectárea, en la necromasa 7.83 toneladas de biomasa por hectárea, teniendo un total de 69 toneladas de biomasa por hectárea en el nivel base (Anexo 9 y 10).

Sotobosque

Dentro de las especies no arbóreas (hiervas y bejucos) encontradas en el inventario de la vegetación secundaria en las parcelas en estudio, encontramos las siguientes

Cuadro 12. especies presentes en el sotobosque, RVS – Chococente, 2000

Nombre común	Nombre científico
Escoba negra	<i>Cordia inervis</i>
Chichicaste de río	<i>Coccoloba venenosa</i>
Chichicaste de playa	<i>Cnidocalus urens</i>
Bejuco tamal	<i>Xilophragna seemani</i>
Pezuña de garrobo	
Carrizo	
Cola de zorro	
Piñuela	<i>Bromelia pinguis</i>
Tunas	<i>Opuntia sp.</i>
Zarcillo	

Cuadro 13. Biomasa encontrada en los diferentes niveles de edades del bosque (Tha^{-1}), RVS Chococente, 2000.

Niveles de edad (Años)	Nivel Base	12	20	50
Árboles mayores	1.8	34.3	37	42
Regeneración	1.1	9.35	14	5.47
Sotobosque	0.5	0.75	0.55	0.57
Litter	12	14	14.35	13.57
Necromasa	3	6.05	7.55	7.83

4.3. Carbono presente en el bosque en los diferente niveles de edades (TC ha⁻¹)

En el nivel de 12 años, la biomasa obtenida, en árboles mayores es de 34.3 toneladas de biomasa por hectárea, en regeneración fue de 9.35 toneladas de biomasa por hectárea, el sotobosque la cantidad toneladas de biomasa por hectárea es 0.75, en litter es de 14 toneladas de biomasa por hectárea, en la necromasa 0.05 toneladas de biomasa por hectárea, teniendo un total de 64 tonelada de biomasa por hectárea en el nivel base (Anexo 11,12 y 13).

En el nivel base, el carbono obtenido, en árboles mayores es de 9 toneladas de carbono por hectárea, en regeneración fue de 0.56 toneladas de carbono por hectárea, el sotobosque la cantidad toneladas de carbono por hectárea es 0.3, en litter es de 6 toneladas de carbono por hectárea, en la necromasa 1.4 toneladas de carbono por hectárea y en suelo la cantidad de carbono presente es de 195 tc/ha, teniendo un total de 212.25 tonelada de carbono por hectárea (Anexo 11,12 y 13).

En el nivel de doce, el carbono obtenido, en árboles mayores es de 17.15 toneladas de carbono por hectárea, en regeneración fue de 7 toneladas de carbono por hectárea, el sotobosque la cantidad toneladas de carbono por hectárea es 0.35, en litter es de 7 toneladas de carbono por hectárea, en la necromasa 3.05 toneladas de carbono por hectárea y en suelo la cantidad de carbono presente es de 223, teniendo un total de 257.56 tonelada de carbono por hectárea (Anexo 11,12 y 13).

En el nivel de veinte, el carbono obtenido, en árboles mayores es de 18.35 toneladas de carbono por hectárea, en regeneración fue de 7 toneladas de carbono por hectárea, el sotobosque la cantidad toneladas de carbono por hectárea es 0.3, en litter es de 7.2 toneladas de carbono por hectárea, en la necromasa 4 toneladas de carbono por

hectárea y en suelo la cantidad de carbono presente es de 235, teniendo un total de 271.81 tonelada de carbono por hectárea (Anexo 11,12 y 13).

En el nivel de cincuenta, el carbono obtenido, en árboles mayores es de 21 toneladas de carbono por hectárea, en regeneración fue de 3 toneladas de carbono por hectárea, el sotobosque la cantidad toneladas de carbono por hectárea es 0.27, en litter es de 7 toneladas de carbono por hectárea, en la necromasa 4 toneladas de carbono por hectárea y en suelo la cantidad de carbono presente es de 249, teniendo un total de 284.27 tonelada de carbono por hectárea (Anexo 11,12 y 13).

Cuadro 14. Carbono encontrado en los diferentes niveles de edades del bosque (TCha⁻¹), RVS Chococente, 2000.

Niveles de edad (Años)	Nivel Base	12	20	50
Árboles mayores	9	17.15	18.35	21
Regeneración	0.55	7	7	3
Sotobosque	0.3	0.35	0.3	0.27
Litter	6	7	7.2	7
Necromasa	1.4	3.05	4	4
Suelo	195	223	235	249
Total	212.25	257.55	271.85	284.27

La figura cuatro nos muestra la cantidad de árboles tanto en árboles mayores como de regeneración en hay en el bosque, dando una idea de cómo se comportaría el bosque a través de los años después de ocurrido un disturbio. El descenso del número de individuos en la regeneración en los dos últimos niveles se deba a que el área está mayormente ocupada por árboles mayores lo que no permite un desarrollo de la regeneración por la competencia que se genera.

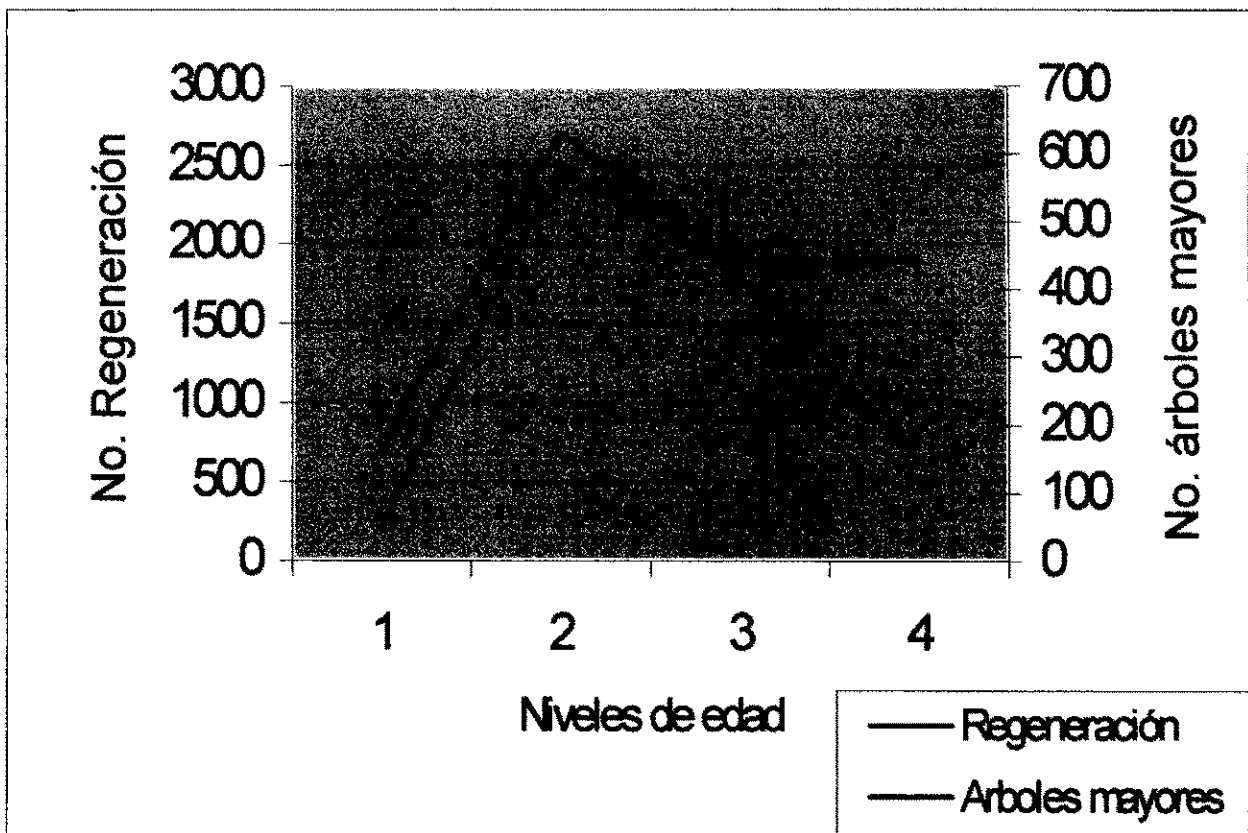
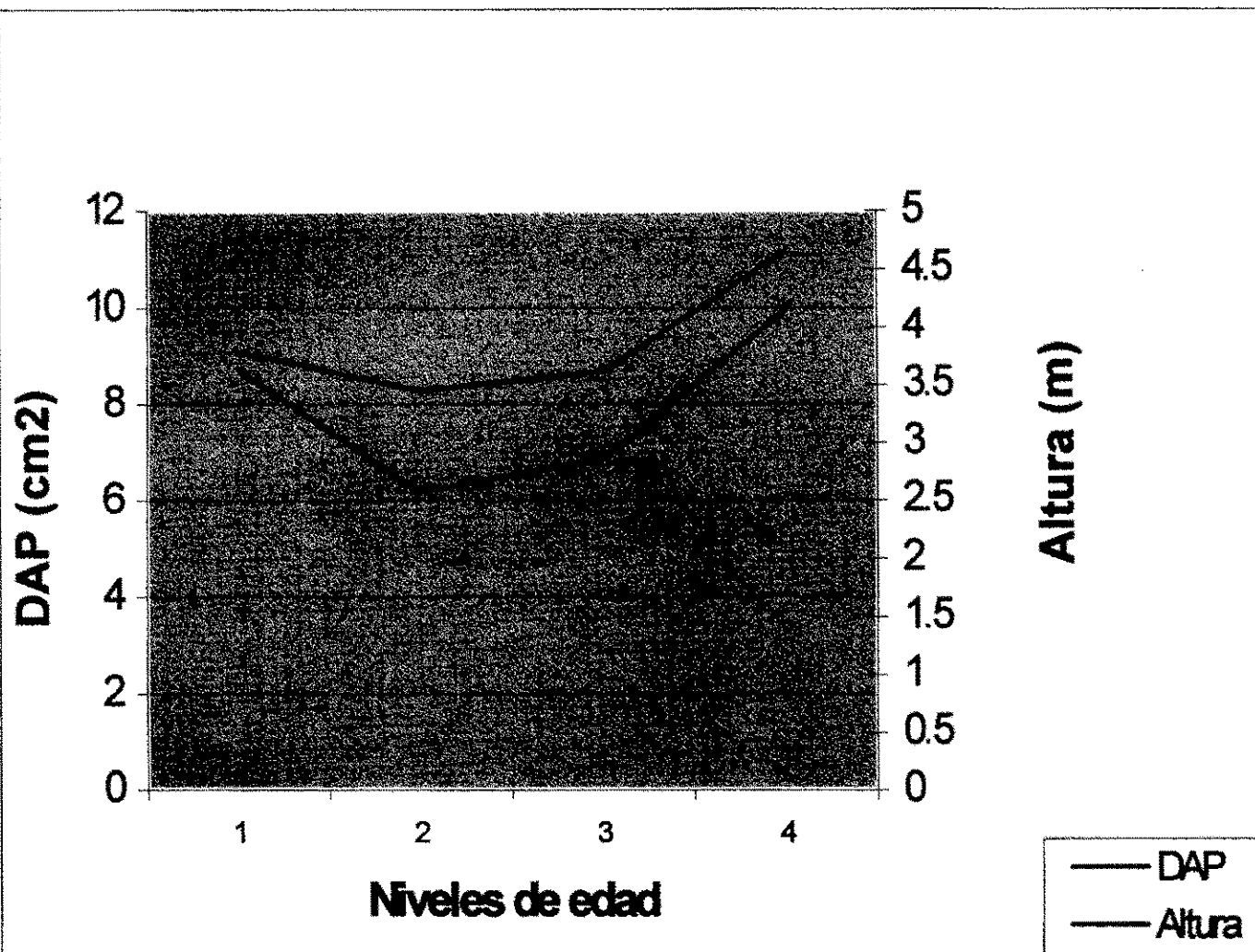


Figura 4. Tendencia del Numero de árboles mayores y regeneración en el bosque seco secundario de Chococente - RVS, 2000.

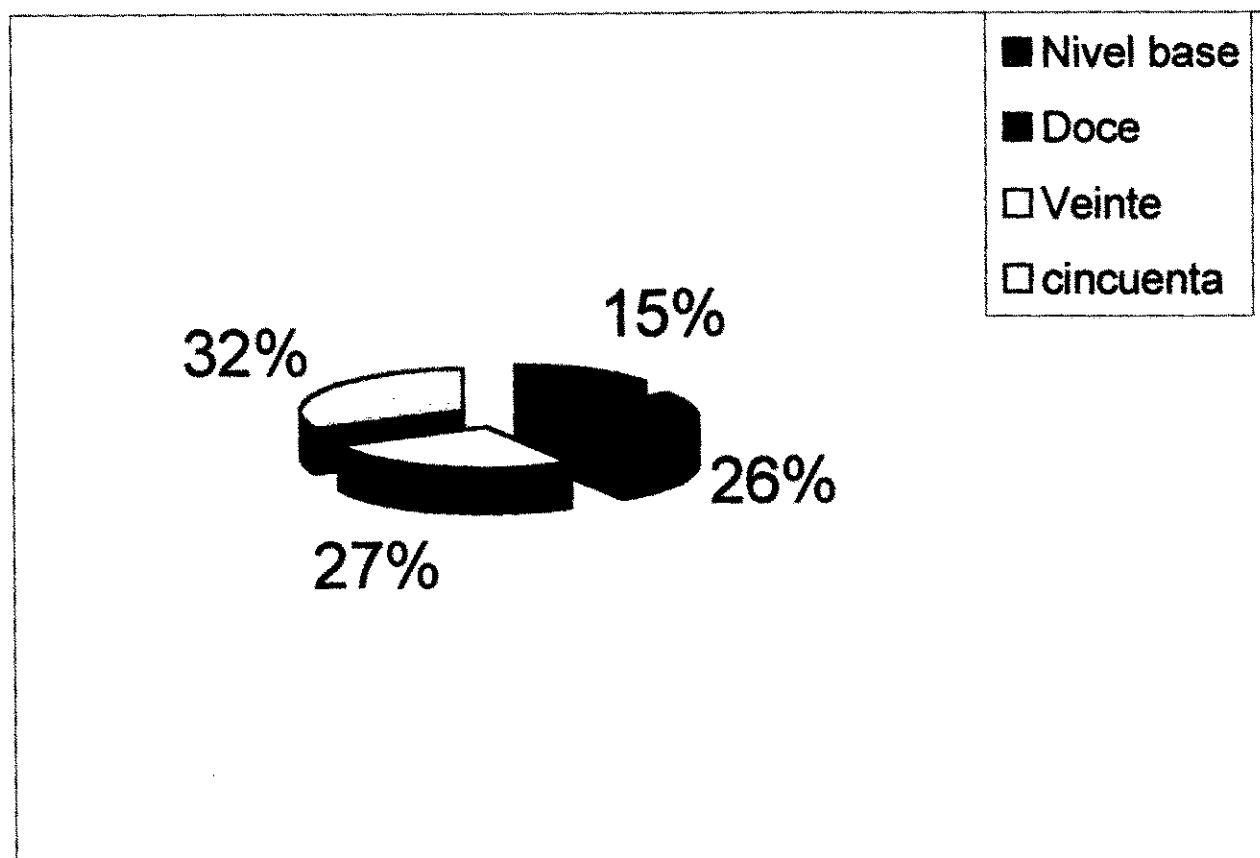
En la figura cinco representa el diámetro y la altura promedio del bosque en estudio, congruente mente con el gráfico anterior, Podemos apreciar que hay un incremento tanto en el diámetro como en la altura promedio de la regeneración y de los árboles mayores. En el año base muestra un diámetro promedio y una altura muy alta porque hubo un incendio de mediana intensidad que afecto a toda la vegetación quedando únicamente los árboles más árboles mayores como se puede ver en el gráfico anterior.



La figura 5. Diámetros y altura predominantes en el bosque tropical seco secundario de Chococente - RVS, 2000.

La figura seis nos muestra los porcentajes de especies de árboles presente en cada uno de los niveles de edad. Podemos apreciar que la riqueza florística presente en el nivel base es menor debido a un incendio forestal ocurrido en esta área. lo que nos indica que hay una pérdida del aproximadamente un 15%.

Claramente el gráfico nos muestra que a medida que el bosque aumenta la edad, empieza el equilibrio del bosque en cuanto a composición florística.



La figura 6. Riqueza Florísticas en el bosque tropical seco secundario de Chococente - RVS, 2000.

En la figura siete muestra la estimación de biomasa en los diferentes niveles de edades, dando como resultado total en el nivel base 35 TB/ha, en el nivel doce años 64 TB/ha, en el nivel de veinte años la cantidad de biomasa es de 73 TB/ha, en el nivel de cincuenta años la cantidad de biomasa total es de 69 toneladas de biomasa por hectárea.

Se puede observar que los árboles mayores es el más importante almacén de biomasa por su naturaleza y su composición y es donde se concentra la mayor cantidad de material vegetal; muy por debajo de este gran depósito de material vegetal se encuentra la regeneración, el litter, sotobosque y la necromasa.

Considerando el análisis de los datos del inventario realizado, se ve claramente en el siguiente gráfico el comportamiento del bosque en relación a la biomasa contenida en cada nivel de edad, de acuerdo a sus características fisiológicas

El gráfico nos muestra que la recuperación del equilibrio del bosque se logra a partir de los 20 años, lo que podemos concluir que el ecosistema de trópico seco después de un disturbio severo, como la quema, necesita relativamente un período de tiempo módico, para recuperar su contenido de biomasa, no así su riqueza florística como se analizará más adelante.

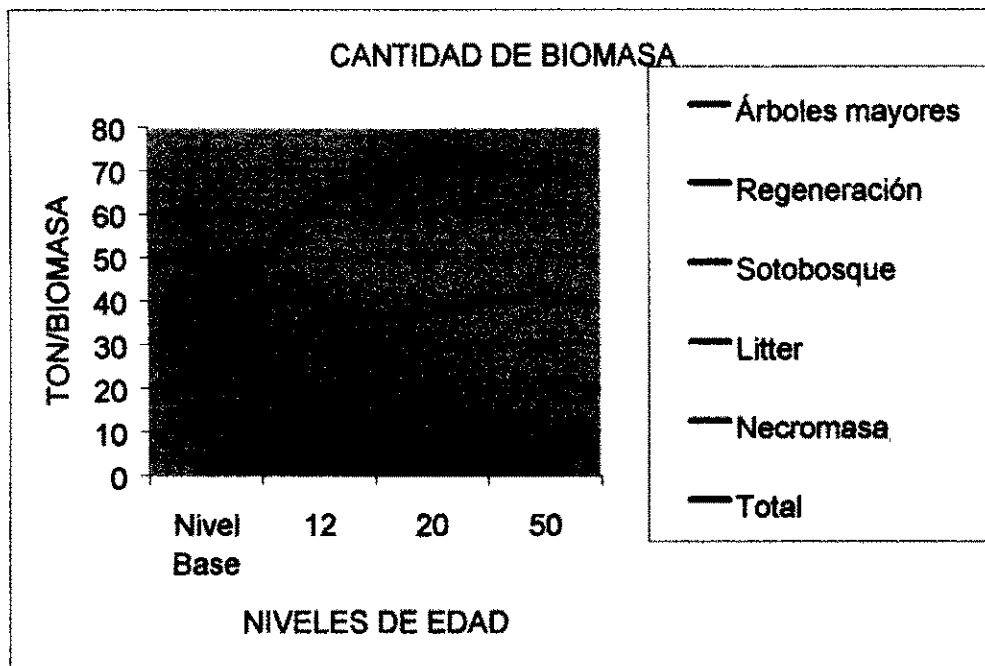


Figura 7. Biomasa acumulada por la vegetación en los diferentes niveles de edades, RVS – Chococente, 2000.

En la figura ocho muestra la estimación de carbono en los diferentes niveles de edades, dando como resultado total en el nivel base 212.25 tB/ha, en el nivel doce años 257.55 tB/ha, en el nivel de veinte años la cantidad de carbono es de 271.85, en el nivel de cincuenta años la cantidad de carbono total es de 284.27.

Se puede observar que en el suelo se concentra la mayor cantidad de carbono, ya que este sirve como reservorio de todo la materia orgánica producida por los ecosistemas forestales. Los árboles mayores es el segundo más importante almacén de biomasa por su naturaleza y su composición, no menos importantes y muy por debajo de estos grandes depósitos de material vegetal se encuentra la regeneración, el litter, sotobosque y la necromasa.

El gráfico muestra que hay una diferencia sustancial entre un bosque maduro y un sitio donde ha ocurrido un disturbio. Se concluye entonces que hay una pérdida de aproximadamente de 50 toneladas de carbono total por hectárea por la ocurrencia de un incendio forestal de mediana intensidad.

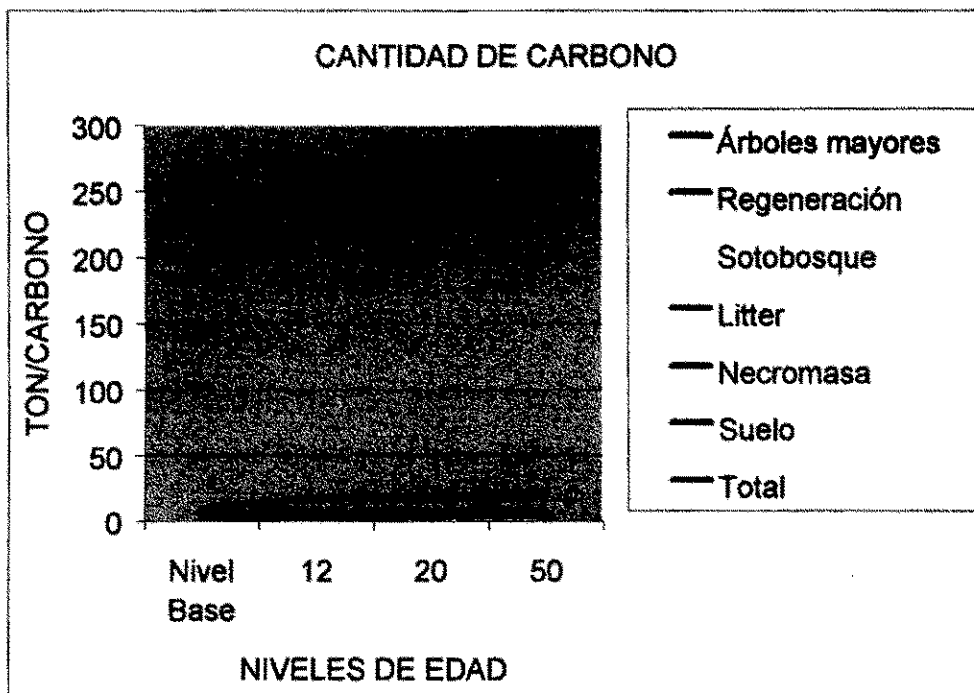


Figura 8. Carbono acumulada en los diferentes niveles de edades, RVS – Chococente, 2000.

V. CONCLUSIONES

- **Especies arbóreas y arbustivas en el nivel base:**

Se registró una riqueza florística de 15 especies en 13 familia botánicas. Las familias más representativa son Fabaceae, Caesalpinaceae con dos repeticiones.

En la regeneración se encontraron cinco especies y un total de cinco familias, las cuales son Fabaceae, Bixaceae, Hernandaceae, Apocynaceae y Mimosaceae.

- **Especies arbóreas y arbustivas en el nivel de doce año:**

Se registró una riqueza florística de 26 especies, en 15 familia botánicas, las más representativa son Fabaceae, Mimosaceae y Boraginaceae con tres repeticiones y Caesalpinaceae, Rhanaceae con dos repeticiones.

En regeneración encontramos 18 especies en 12 familia botánicas encontradas, Siendo las más representativas la Mimosaceae y Boraginaceae con tres repeticiones. Las Caesalpinaceae y Fabaceae con dos repeticiones respectivamente.

- **Especies arbóreas y arbustivas en el nivel de veinte año:**

Se registró una riqueza florística 27 especies en 15 familia botánicas, las más representativa son Fabaceae, Mimosaceae y Boraginaceae con tres repeticiones y Caesalpinaceae, Rhanaceae con dos repeticiones.

En la regeneración se registró una riqueza florística de 22 especies en 12 familia botánicas, siendo las más representativas la Mimosaceae y Boraginaceae con tres repeticiones. Las Caesalpinaceae y Fabaceae con dos repeticiones respectivamente

- **Especies arbóreas y arbustivas en el nivel de cincuenta años:**

Se registró una riqueza florística de 32 especies en 19 familia botánicas, las más representativa son, Mimosaceae, Caesalpinaceae con cuatro, Fabaceae con tres, boraginaceae, Rhamnaceae y Anacardiaceae con dos repeticiones respectivamente.

- En la regeneración se encontraron 20 especies en 13 familia botánicas, las más representativas fueron la Mimosaceae con tres, Boraginaceae y Fabaceae con dos repeticiones respectivamente.

- Nivel base, la biomasa obtenida, en árboles mayores es de 1.8, en regeneración fue de 1.1, el sotobosque es de 0.5, en litter es de 12, en la necromasa 3, teniendo un total de 35 tonelada de biomasa por hectárea respectivamente.

- En el nivel de 12 años, la biomasa tonelada por hectárea obtenida respectivamente, en árboles mayores es de 34.3, en regeneración fue de 9.35, el sotobosque es 0.75, en litter es de 14, en la necromasa 0.05, teniendo un total de 64 tonelada de biomasa por hectárea en el nivel de 12 años.

- En el nivel veinte, la biomasa tonelada por hectárea obtenida, en árboles mayores es de 37, en regeneración fue de 14, el sotobosque es 0.56, en litter es de 14.35, en la necromasa 7.56, respectivamente. Teniendo un total de 73 tonelada de biomasa por hectárea.

- Nivel cincuenta, la biomasa obtenida, en árboles mayores es de 42, en regeneración fue de 5.47, el sotobosque es 0.57, en litter es de 13.57, en la necromasa 7.83 tonelada de biomasa por hectárea respectivamente. Teniendo un total de 69 tonelada de biomasa por hectárea.

- En el nivel base, el carbono obtenido en tonelada por hectárea, en árboles mayores es de 9, en regeneración fue de 0.56, el sotobosque es 0.3, en litter es de 6, en la necromasa 1.4, en suelo la cantidad de carbono presente es de 195, respectivamente. Teniendo un total de 212.25 tonelada de carbono por hectárea.

- En el nivel de doce, el carbono obtenido en tonelada por hectárea respectivamente, en árboles mayores es de 17.15, en regeneración fue de 7, el sotobosque es 0.35, en litter es de 7, en la necromasa 3.05, en suelo la cantidad de carbono presente es de 223, teniendo un total de 257.56 tonelada de carbono por hectárea.
- En el nivel de veinte, el carbono obtenido, en árboles mayores es de 18.35, en regeneración fue de 7, el sotobosque es 0.3, en litter es de 7.2, en la necromasa 4, en suelo la cantidad de carbono presente es de 235 tonelada de carbono por hectárea respectivamente, teniendo un total de 271.81 tonelada de carbono por hectárea.
- En el nivel de cincuenta, el carbono obtenido, en árboles mayores es de 21, en regeneración fue de 3, el sotobosque es 0.27, en litter es de 7, en la necromasa 4, en suelo la cantidad de carbono tonelada por hectárea presente es de 249 respectivamente, teniendo un total de 284.27 tonelada de carbono por hectárea.

VI. RECOMENDACIONES

- En futuras estimaciones de carbono en el bosque, se recomienda la ecuación utilizada en esta investigación, la cual está en función de Dap, altura total, precipitación anual, además estos datos son variable de fácil medición y los inventarios cuentan con esta información.
- Se recomienda crear modelos estadísticos propios para estimaciones futuras de carbono propias para el bosque seco de Nicaragua, tomando en cuenta variables como: Dap, altura total, altura comercial, peso seco, peso fresco, superficie del área.
- En estudios posteriores se puede extender la estimación en otras áreas de bosque seco de mayor extensión que permitan obtener datos comparativos sobre el almacenamiento de este gas.
- Debido a que Chococente cuenta con bosque de galería, bosque seco y bosque de playa se recomienda hacer estudios de estimación de carbono a nivel de cada tipo de bosque.
- Se recomienda realizar estudios posteriores en los cuales se estudia la cantidad de carbono que se encuentra almacenado en las raíces para que no se subvalore el contenido de carbono presente en el bosque.

- Promover la valoración de los servicios ambientales como el almacenamiento de carbono y su inclusión en las cuentas nacionales debido a que este servicio mejora la rentabilidad de los bosques y la conservación del mismo.
- El presente estudio es pionero en este tema, por lo tanto sirve como base para futuras investigaciones de mitigación a través de la conservación y secuestro de carbono en el bosque tropical seco.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Arauz L. 1996. Análisis comparativo del estado forestal del bosque seco caducifolio en el Refugio de vida silvestre de Chococente entre los años 1989 - 1994. Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria, Nicaragua.
- Araujo, T. M; et. al 1999. Comparison of formule for biomass content detremination in tropical rain forest site in the state of Para, Brasil. Forest ecology and management. 117: 43-52 P.
- Bronw, S. And Lugo, A. E. 1982. The storage and production of organical matter in tropical forest and their role in the global carbon cycle. Biotropical. 14:161-187 P.
- Bronw, S. And Lugo, A. E. 1984. Biomass of tropical forest: A new estimate based on forest. Vol. 232-1290-1293.
- Bronw, S. et. al 1989. biomass estimation methods for tropical forest whyt application to forest inventory data. Forest science, vol. 35, Nº 4. 881-902 P.
- Bronw, S. And Lugo, A. E. 1992 Above ground biomass estimates for tropical moist forests of Brazilian amazon. Interciencia. Vol. 17, N1. pp. 8 – 27.
- Bronw, S. et. al 1993. Tropical Forest: their past present and potential future role in the terrestrial carbon Budget. Water, air and soil pollution. 70, pp. 71-94.
- Bronw, S. 1997. estimating biomasss and biomass change of tropical forests. FAO, Montes 134. Roma 55 p.
- Bruno L, 1999. Bosque tropicales y ciclo del carbono. 49 p.
- Bueso R. Y Merques K. 1997. Establecimiento y manejo de Regeneración Natural. 40 PP.
- Buol S W 1990. Génesis y Clasificación de suelo. Segunda edición, México Trillas. 417 P.
- Cairns, M. A. and meganck R.A. 1994. Carbon secuestration; biological diversity and sustainable development: integrate forest management environmental management. Vol. 18 pp. 18-22.
- Ciesla W. M. 1996. cambio Climático, Bosque y Ordenación forestal. Una visión de conjunto. FAO, Montes 126. Roma. 147 P.

- Coronado y Valerio. 1991. Estudio preliminar de la regeneración natural de especies arbóreas en el bosque seco caducifolio de Chococente. Tesis de grado. Universidad Nacional Agraria, Nicaragua.
- Dixon, R. K. Et. al 1994. carbon pools and flux of global forest ecosystem. Science. Vol. 63. pp. 185-190.
- Phillips O.L, 1998. change in the carbon balance of tropical forests. Evidence from long - term plots. Ciencia 442 P.
- Filomeno S. 1996. Dinámica del sector forestal en Nicaragua. Managua, Nicaragua.
- Holdridge, L. 1987. Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica: IICA, 216 p.
- Homer Chapman y Parker Pratt. 1986. Métodos de análisis para suelo plantas y agua. México.
- Incer J. 1970. Geografía básica de Nicaragua. PP 126.
- IPCC, 1996. Intergovernmental Panel on climate changes report of the twelfth session of the Intergovernmental Panel on climate changes. Reference manual and workbook of the IPCC, 1996. revised guidelines for national green house gas inventories. México city. Sep, 1996.
- IPCC, 1997. estabilización de los gases atmosféricos de efectos invernaderos. Implicaciones físicas, biológicas y socioeconómicas, documento técnico a través del IPCC.
- Instituto de Recursos Naturales y del Ambiente (IRENA), 1984. Estudio Básico de Chococente, Nicaragua. 34 P.
- Instituto de Recursos Naturales y del Ambiente (IRENA), 1987. Estudio de la vegetación en Río Escalante – Chococente. Managua, Nicaragua.
- Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los Trópicos. Edición en español. 335 P.
- López y Chacón 1994. Caracterización florística y estructural de la vegetación secundaria joven en el bosque seco caducifolio de Chococente. Tesis de grado. Universidad Nacional Agraria, Nicaragua
- Mintzer, I. M. 1992. confronting climate changes. Risk implications and reponses. Cambridge, university press Cambridge.

- Ogawa. H.K. 1965. comparatives ecological studies of three main types of forests vegetation in Thailand. Plant biomass nature and life in southeast. Asia Vol. 4 PP 49 – 81.
- Ordoñez A. 1999. captura de carbono en un bosque templado. En el caso de san Juan Nuevo, Michoacán, México. PP. 70.
- Ortiz, M. E. 1993. técnicas para la estimación del crecimiento y rendimiento de árboles individuales y bosques. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Departamento de Ingeniería Forestal. Serie de apoyo académico Nº 16 Cartago, Costa Rica. 71 P.
- Pritchett W. L. 1990. Suelos Forestales. Editorial Limusa, S.A. México, D. F. 634 P.
- Ramírez T.1994. Análisis de la regeneración natural en el bosque seco caducifolio de Chococente. Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria, Nicaragua.
- Salas , G. De las. 1987. Suelos y ecosistemas Forestales con énfasis en América Tropical. San José, Costa Rica; IICA, 450 p.
- Salas, J. 1993. Árboles de Nicaragua. Instituto Nicaragüense de Recursos Naturales y del Ambiente, IRENA. Managua, Nicaragua. 388 p.
- Salati E. Los posibles cambios climáticos en América Latina y el Caribe y sus consecuencias. Naciones Unidas y comisión económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Santiago de Chile, 12-14 septiembre. 45 P.
- Segura. A. 1999. Valoración del servicio de fijación y almacenamiento de carbono en bosque privado en el área de conservación, cordillera volcánica central, Costa Rica. PP. 117.
- Smith T.M. et. al The global terrestrial carbon cycle. Water, air and soil pollution. 70 P.
- Sombroek, 1993. Amounts dynamics and sequestering of carbon in tropical and sub tropical soils. Vol. 22. PP. 417 – 426.
- Téllez y Navarrete, 1996. Relación de algunos factores edafológicos en la vegetación arbórea de 4 parcelas del bosque seco de Chococente, Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria, Nicaragua.
- Tercero y Urrutia, 1994. Caracterización florística estructural del bosque de galería en Chococente. Tesis de grado. Universidad Nacional Agraria, Nicaragua.
- UNAN, 1980. Texto básico de Biología general. Managua, Nicaragua.

Anexo 1. Características principales de un bosque secundario tropical

De acuerdo a Finegan (1988), el bosque secundario es la vegetación leñosa que se desarrolla en sitios cuya vegetación original a sido totalmente destruida por la actividad humana, tales como, Tala y quema practicado por la agricultura migratoria.

El bosque secundario es un recurso natural que puede tener dos génesis:

Los residuales que tiene origen en bosque explotados

Los voluntarios desarrollados en áreas abandonadas por actividad agrícola y ganadera.

Las características son las siguientes:

- La composición y la estructura no solo depende del medio, ambiente sino también de la edad y la misma varía con el avance de la sucesión.
- En las especies secundaria típicas no se encuentran las productoras de maderas preciosas tropicales de alto valor. En general la madera liviana que produce es suave y poco resistente, casi no tiene demanda, sobre todo si es de diámetro menor.
- Cuando menos los bosques jóvenes están mas simplemente estructurados y son mucho mas pobres en especies que los bosques primarios del mismo medio ambiente. También son mas homogéneos en edad y dimensiones.
- Tanto la composición, estructura y el incremento de un bosque secundario cambian con el paso del tiempo, entonces la producción no es estable ni en cantidad ni en calidad. Con ello se dificulta el suministro sostenido del mercado con determinados productos (Lamperth, 1990).

Anexo 2. formatos para toma de datos de vegetación mayores de 10 cm de DAP.

Nivel de edad: _____

Parcela N^o: _____

Espece	DAP	Altura Total	> 10cm

Anexo 3. Formato para la toma de datos de vegetación menores de 10 cm de DAP.

Nivel de edad: _____

Parcela N°: _____

Especie	DAP	Altura Total

Anexo 4. Formato para la toma de datos para las muestras de suelo.

Sub subParcela N^o: _____

Nivel de edad: _____

Parcela N^o: _____

Muestra: _____

Fecha: _____

Profundidad: _____

Localización: _____

Anexo 5. Formato para la toma de datos para las muestras de densidad aparente.

Sub sub Parcela N⁰: _____

Nivel de edad: _____

Parcela N⁰: _____

Muestra: _____

Fecha: _____

Profundidad: _____

Localización: _____

Anexo 6 . Emisión Anual Neta de GEI para 1994, Gg/año en Nicaragua, Proyecto PNUD -NIC/98 G31 -MARENA.

Sectores	Gases						
	CO₂	CH₂	N₂O	CO	NO_x	COVDM	SO
Energía	2,373.53	12.10	0.20	250.05	16.97	31.85	
Procesos Industriales	354.84					9.31	4.59
Agricultura		171.18	2.18	2.00			
Cambio del Uso del suelo y silvicultura	-14,784.00	74.73	0.51	653.86	18.57		
Desecho		13.38	0.18				
Total Nacional	-12,055.63	271.39	3.07	958.91	37.54	41.16	4.59

Anexo. 7 Características de los principales gases de invernadero según Goudie, 1990

Gas	Fuentes Antropogénicas	Concentración (ppb)		Incremento anual de la concentración	Tiempo de residencia en la atmósfera (años)
		Preindustrial	Actual		
CO ₂	Uso de combustibles fósiles y leña, deforestación	275,000	353,000	0.56%	50-200
CO ₄	Cultivo de arroz, ganado, tiradero de basura, uso de combustibles fósiles	800	1,720	0.95%	10
NO _x	Fertilizantes químicos, deforestación, uso de leña	285	310	0.2%	150-180
CFC					

Anexo. 8 Actividad por sector industrial que contribuyen a la emisión de gases de invernadero según Ahuja, 1990

Actividad	Gas emitido
Sector energético	
Producción de carbón	CH ₄
Combustión de carbón	CO, CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O
Combustión de petróleo	CO, CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O
Combustión de gas	CO, CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O
Ventilación y fuga de gas	CH ₄
Sector agrícola, ganadero y forestal	
Ganadería intensiva	CH ₄
Cultivo de arroz	CH ₄
Uso de fertilizante	N ₂ O
Combustión de biomasa	CO, CO ₂ , CH ₄
Deforestación y cambio de uso del suelo	N ₂ O, CO ₂
Sector industrial	
Producción de cemento, metalurgia	CO ₂
Uso de CFC	CFC
Relleno sanitario y otros procesos industriales	CH ₄

Anexo. 9. Biomasa arriba del suelo (t ha⁻¹), RVS – Chococente, 2000

Niveles de edad (Años)	Nivel base	12		20		50		
	P1	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P3
Árboles mayores	18	30.1	38.4	29.6	43.9	26.2	39.5	59
Regeneración	1.1	10.2	8.5	15.6	12.4	6.2	4.6	5.6
Sotobosque	0.5	0.7	0.8	0.6	0.5	0.9	0.4	0.4
Total								

P1, P2, P3: Número de parcela muestreada.

**Anexo. 10. Necromasa y material vegetal en descomposición (t ha⁻¹),
RVS – Chococente, 2000**

Niveles de edad (Años)	Nivel base	12		20		50		
	P1	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P3
Litter (t ha ⁻¹)	12	14.3	13.7	14.8	13.9	13.4	13.3	14
Necromasa (t ha ⁻¹)	2.9	6.6	5.5	7.2	7.9	9	6.6	7.9
Total								

Anexo. 11 Carbono arriba del suelo (tc ha⁻¹), RVS – Chococente, 2000

Niveles de edad (Años)	Nivel base	12		20		50		
	P1	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P3
Árboles mayores	9	15.1	19.2	14.8	21.9	13.1	19.8	29.5
Regeneración	0.55	5.1	8.5	7.8	6.2	3.1	2.3	2.8
Sotobosque	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.4	0.2	0.2
Total								

Anexo. 12. Necromasa y material vegetal en descomposición (tc ha⁻¹), RVS – Chococente, 2000

Niveles de edad (Años)	Nivel base	12		20		50		
	P1	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P3
Litter	6	7.2	6.8	7.4	7	6.7	6.6	7
Necromasa	1.4	3.3	2.8	3.6	3.9	4.5	3.3	3.9
Total								

