

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN- TARAPOTO

FACULTAD DE ECOLOGÍA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL**

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS AMBIENTALES



**“Estimación del potencial de captura de carbono, del bosque natural
secundario en el Centro de Producción e Investigación
Pabloyacu, Moyobamba – 2011”**

TITULACIÓN POR TESIS.

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR : Bach. Jeceli Danuci Noriega Morán

ASESOR : Ing. Rubén Ruiz Valles

**MOYOBAMBA – PERÚ
2011**

Nº de Registro: 06052111



ACTA DE SUSTENTACION PARA OBTENER EL TITULO
PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

En la sala de conferencia de la Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín-T sede Moyobamba y siendo las once de la mañana del día jueves 10 de Mayo del Dos Mil Doce, se reunió el Jurado de Tesis integrado por:

| | |
|-----------------------------------|------------|
| Blgo. M.Sc. ASTRIHT RUIZ RIOS | PRESIDENTE |
| Ing. M.Sc. MANUEL RAMÍREZ NAVARRO | SECRETARIO |
| Blgo. Pesq. ESTELA BANCES ZAPATA | MIEMBRO |
| Ing. RUBÉN RUIZ VALLES | ASESOR |

Para evaluar la Sustentación de la Tesis Titulado “ESTIMACION DEL POTENCIAL DE CAPTURA DE CARBONO DEL BOSQUE NATURAL SEGUNDARIO EN EL CENTRO DE PRODUCCION E INVESTIGACION PABLOYACU, MOYOBAMBA - 2011”, presentado por la Bachiller en Ingeniería Ambiental JECELI DANUCI NORIEGA MORAN; según Resolución N° 020-2011-UNSM-T/COFE-MOY de fecha 15 de Marzo del 2011.

Los señores miembros del Jurado, después de haber escuchado la sustentación, las respuestas a las preguntas formuladas y terminada la réplica; luego de debatir entre sí, reservada y libremente lo declaran APROBADO por UNANIMIDAD con el calificativo de BUENO y nota QUINCE (15).

En fe de la cual se firma la presente acta, siendo las 12:45 PM horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el presente acto de sustentación.

Blgo. M.Sc. ASTRIHT RUIZ RIOS
 Presidente

Ing. M.Sc. MANUEL RAMÍREZ NAVARRO
 Secretario

Blgo. Pesq. ESTELA BANCES ZAPATA
 Miembro

Ing. RUBÉN RUIZ VALLES
 Asesor

DEDICATORIA

En primer lugar, dedico esta tesis a Dios Todopoderoso, por darme la vida y llenar mi existencia de maravillosas bendiciones.

Y a mi hijita Danuci Brigitte Zaanoni Noriega por ser mi fuerza para ser mejor cada día. Dios guía tus pasos. Te amo.

A todas las personas que se preocupan por la conservación y uso sustentable del medio ambiente para mejorar nuestra calidad de vida.

A mi mamita, María Luisa Morán Vásquez, por apoyarme cuando más la necesito.

A la Sra. Brigitte Arévalo Franco, por apoyarme incondicionalmente siempre.

A mis hermanitos María Rosario y Alcides Fernando por enseñarme a perseverar siempre.

A mi familia en general por apoyarme en las buenas y en las malas.

A Estefita Noriega Vela y a su esposo Jorge Saldaña Padilla, gracias por llegar a mi vida.

DIOS LOS BENDIGA SIEMPRE.

Jeceli Danuci Noriega Morán

AGRADECIMIENTO

Esta tesis fue posible al Centro de Producción e Investigación de Pabloyacu, de la Universidad Nacional de San Martín de la Facultad de Ecología en la ciudad de Moyobamba.

A la Blgo. M.s.C. Astrith Ruíz Ríos; por permitirme realizar mi tesis en el Fundo de Pabloyacu y apoyarme con su experiencia profesional.

A la Bachiller Diana Alegría Rojas por compartir sus experiencias y apoyarme en el trabajo de campo.

A la Bachiller Elizabeth Portocarrero Gutiérrez por apoyarme en los trabajos de campo.

A los estudiantes Erick Reátegui K. y Maribel Arévalo L. por su apoyo incondicional en los trabajos de campo.

Al Sr. Kevin Casique Bardalez por acompañarme y apoyarme en los trabajos de campo.

Al Ing. Santiago Casas Luna por su apoyo y compartir su amplia experiencia profesional.

Al Ing. Juan José Pinedo Canta por su apoyo en la elaboración de mi informe de tesis.

Al Ing. Gunther Pinedo Rodríguez por su apoyo en la elaboración de mi informe de tesis.

Gracias al personal administrativo y muy en especial a las secretarias que laboran en la Universidad Nacional de San Martín, Facultad de Ecología por su amabilidad y apoyo en todo momento.

Un agradecimiento especial al Ing. Rubén Ruíz Valles; por asumir la responsabilidad de ser mi asesor de tesis.

RESUMEN

Este Proyecto de investigación tiene información que se maneja para referencia básica y otros fines, sobre la estimación de captura de carbono en el bosque natural secundario. Es muy importante el resultado; ya que se puede trabajar futuros proyectos que tengan como fin la disminución de las concentraciones atmosféricas a través de la captura de carbono atmosférico (absorción por almacenes naturales).

Nuestra región posee la tasa más alta de deforestación a nivel nacional liberando enormes cantidades de dióxido de carbono los cuales están generando cambios en el clima y la calidad ambiental. Por ello es muy importante la investigación que se realizó en el Centro de Producción e Investigación Pabloyacu, hay iniciativas tanto de docentes como de profesionales egresados y alumnos en realizar investigación en dicho lugar.

La entrada en vigencia el Protocolo de Kyoto y su mecanismo de desarrollo limpio abren la perspectiva para los productores forestales de captar beneficios financieros provenientes de los servicios de fijación de carbono que ofrecen sus actividades. Esto se hace posible gracias a que los proyectos forestales que apliquen exitosamente al MLD podrán generar certificados de reducción de emisiones que podrán ser comercializados. (Alegre et al. 1998).

El Potencial de Captura de Carbono en el Bosque Natural Secundario del Centro de Investigación y Producción "Pabloyacu" de la Facultad de Ecología es aproximadamente de 4.818 Ton./Ha. de Carbono resultado que fue trabajado por el método no destructivo en una hectárea de estudio. Con este trabajo se pretende inquietar diversos intereses entre ellos incursionar en el negocio de los créditos de carbono a largo plazo.

ABSTRACT

This research project has information that is handled for basic reference and other purposes, on the estimation of carbon sequestration in the natural forest secondary. It is very important the result; since it can be work future projects to the decrease of atmospheric concentrations through the capture of atmospheric carbon (absorption by natural stores).

Our region has the highest rate of deforestation at the national level by releasing enormous amounts of carbon dioxide which are leading to changes in climate and environmental quality. It is therefore very important that the research was conducted in the Pabloyacu Research and Production Center , there are initiatives both of teachers as professionals and graduates students in conducting research in that place.

The entry into force of the Kyoto Protocol and the clean development mechanism opens up the prospect for the forestry producers to capture financial benefits from the sequestration services that offer their activities. This is possible thanks to the fact that forestry projects that apply successfully to the MLD may generate emissions reduction certificates that can be marketed. (Alegre *et al* 1998).

The carbon sequestration potential in the Secondary Natural Forest belongs to the "Pabloyacu" Research and Production Center at the Ecology Faculty is approximately 4,818 ton. /Ha of Carbon result that was worked by the non-destructive method in one hectare of study. This work seeks to worry various interests including foray into the business of carbon credits in the long term.

INDICE

| | |
|---|------------|
| DEDICATORIA | i |
| AGRADECIMIENTO | ii |
| RESÚMEN | iii |
| ABSTRACT | iv |
| INDICE | v |
| CAPITULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN | 1 |
| 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 1 |
| 1.2 OBJETIVOS | 3 |
| 1.3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA | 4 |
| 1.3.1 Antecedentes de la Investigación | 4 |
| Antecedentes de estimación de captura de carbono en el Perú y otros países | 4 |
| 1.3.2 Bases Teóricas | 9 |
| El Bosque | 9 |
| Características de los Bosques | 10 |
| Aprovechamiento actual de los Bosques Secundarios | 10 |
| Fijación de Dióxido de Carbono | 10 |
| El Ciclo del Carbono | 12 |
| Flujos y Almacenes en ecosistemas forestales | 14 |
| La valoración de los recursos naturales | 16 |
| Bienes y Servicios Ambientales | 18 |
| Valor Económico Total | 19 |
| Los bosques y el cambio climático global | 19 |
| El efecto invernadero | 19 |
| Captura de carbono | 20 |
| Métodos de medición de Carbono | 23 |
| Inventario de Carbono | 23 |
| Determinación de Biomasa | 24 |

| | |
|---|-----------|
| Biomasa Vegetal | 24 |
| 1.3.3 Definición de Términos | 25 |
| 1.4 VARIABLES | 28 |
| 1.4.1 Variable Independiente | 28 |
| 1.4.2 Variable Dependiente | 28 |
| 1.5 HIPÓTESIS | 28 |
| CAPITULO II: EL MARCO METODOLOGICO | 29 |
| 2.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN | 29 |
| 2.1.1 De acuerdo a la Orientación | 29 |
| 2.1.2 De acuerdo a la Técnica de Contrastación | 29 |
| 2.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN | 29 |
| 2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA | 30 |
| 2.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN | 30 |
| 2.4.1 Selección del área de estudio | 30 |
| 2.4.2 Descripción del área de estudio | 31 |
| 2.1.1 Tamaño de la muestra | 31 |
| 2.5 TÉCNICAS DE PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS | 32 |
| 2.5.1 Métodos de Campo | 32 |
| Delimitación de los Transectos | 32 |
| Toma de Datos para la determinación de la biomasa aérea | 32 |
| Delimitación del área, separación y pesaje para determinar la biomasa de hojarasca. | 33 |
| 2.5.2 Métodos de Gabinete | 35 |
| Evaluación de la biomasa vegetal por el método alométrico | 35 |
| Cálculo de la biomasa de la hojarasca | 35 |
| Estimación de carbono en biomasa bajo suelo en PPM (raíces) | 35 |

| | |
|---|----|
| Cálculo del Carbono Total | 36 |
| Cálculo de Carbono en Biomasa Vegetal Total | 36 |
| 2.5.3 Flujograma de Actividades | 37 |
| CAPITULO III: RESULTADOS | 38 |
| 3.1 RESULTADOS | 38 |
| 3.1.1 Determinación de Captura de Carbono en la biomasa de Árboles vivos | 38 |
| 3.1.2 Determinación de Captura de Carbono en la biomasa de la Hojarasca | 44 |
| 3.1.3 Determinación de Captura de Carbono en la biomasa de Árboles muertos en pie y raíces | 45 |
| 3.2 DISCUSIONES | 53 |
| 3.3 CONCLUSIONES | 55 |
| 3.4 RECOMENDACIONES | 56 |
| 3.5 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS | 57 |
| ANEXOS | 61 |

INDICE DE CUADROS

| | | |
|--------------|---|----|
| Cuadro N° 01 | Coordenadas de los Transectos | 38 |
| Cuadro N° 02 | Carbono en árboles vivos, Transecto N° 01 | 39 |
| Cuadro N° 03 | Carbono en árboles vivos, Transecto N° 02 | 40 |
| Cuadro N° 04 | Carbono en árboles vivos, Transecto N° 03 | 41 |
| Cuadro N° 05 | Carbono en árboles vivos, Transecto N° 04 | 42 |
| Cuadro N° 06 | Resumen de Carbono | 43 |
| Cuadro N° 07 | Carbono en Biomasa de Hojarasca | 45 |
| Cuadro N° 08 | Carbono en árboles muertos en pie | 46 |

| | | |
|--------------|---|----|
| Cuadro N° 09 | Carbono en raíces de árboles vivos, Transecto N° 01 | 47 |
| Cuadro N° 10 | Carbono en raíces de árboles vivos, Transecto N° 02 | 48 |
| Cuadro N° 11 | Carbono en raíces de árboles vivos, Transecto N° 03 | 49 |
| Cuadro N° 12 | Carbono en raíces de árboles vivos, Transecto N° 04 | 50 |
| Cuadro N° 13 | Resumen de Carbono en raíces de árboles vivos | 51 |
| Cuadro N° 14 | Resultados Totales del Carbono Capturado | 51 |

INDICE DE FIGURAS

| | | |
|--------------|---|----|
| Figura N° 01 | Ciclo del Carbono | 13 |
| Figura N° 02 | Diagrama de los flujos y almacenes de carbono | 15 |
| Figura N° 03 | Efecto invernadero | 20 |

INDICE DE GRAFICOS

| | | |
|---------------|---|----|
| Gráfico N° 01 | Distribución de las Coordenadas de los Transectos | 39 |
| Grafico N° 02 | Carbono en los Transectos: 1, 2, 3 y 4. | 44 |
| Grafico N° 03 | Carbono en el área de estudio (1 ha.) | 52 |

INDICE DE FOTOS

| | | |
|------------|---|----|
| Foto N° 01 | Delimitación del área de estudio | 31 |
| Foto N° 02 | Delimitación de los transectos | 32 |
| Foto N° 03 | Toma de datos, DAP | 33 |
| Foto N° 04 | Instalación de las sub parcelas para muestra de hojarasca | 34 |
| Foto N° 05 | Toma de datos de Hojarasca | 34 |

INDICE DE ANEXOS

| | | |
|-------------|---|----|
| Anexo N° 01 | Mapa de la ubicación del área del terreno | 62 |
| Anexo N° 02 | Coordenadas del Croquis del área de estudio | 63 |
| Anexo N° 03 | Croquis del área de estudio | 63 |
| Anexo N° 04 | Reconocimiento del área de estudio | 64 |
| Anexo N° 05 | Delimitación del área de estudio | 64 |
| Anexo N° 06 | Medición del DAP | 65 |
| Anexo N° 07 | Recojo de Hojarasca | 65 |

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los bosques como sumideros y fuente de CO₂ (dióxido de carbono), han ganado gran interés e importancia debido a la creciente preocupación mundial sobre el medio ambiente y el calentamiento global, por su capacidad de contener y transformar el CO₂, el cual hace parte de los gases de efecto invernadero (GEI) más importantes producidos por las actividades humanas. Alrededor del 40 % del contenido total de carbono de la tierra y el 36 % de la productividad primaria neta (PPN) corresponde a los bosques tropicales. La necesidad actual de conservar los bosques para reducir la tasa de aumento de CO₂ en la atmósfera, requiere de mediciones y monitoreo, donde el punto de partida lo constituye la estimación de biomasa en el ecosistema.

Considerando que los árboles son reservas naturales de carbono, productores de oxígeno y fijadores de CO₂, y que cerca del 40 % del contenido total de carbono de la tierra y del 36 % de la productividad primaria neta (PPN) corresponde a bosques tropicales, es sumamente importante estudiar su capacidad de asimilación de energía debido a la gran preocupación mundial sobre el aumento de la concentración de CO₂ en la atmósfera, el cual ha aumentado alrededor del 80% entre el 1970 y el 2004, y para el 2005, alcanzó los 379 ppm., de CO₂ en la atmósfera, excediendo por mucho el intervalo natural de valores de los últimos 650.000 años. Para realizar estos monitoreos de carbono, la medición de la biomasa del ecosistema forestal es primordial y constituye el punto de partida, porque indican la cantidad de recursos, como el agua o carbono orgánico, utilizados por una especie en una comunidad, y cómo es la distribución de estas recursos entre las especies de la comunidad; además se ha utilizado para realizar estudios de productividad primaria y contenido de carbono, nutrientes y energía, incremento y rendimiento de bosques y evaluar cambios en

la estructura del bosque toda esta información imprescindible para comprender el ecosistema y evaluar los efectos de la intervención sobre el ecosistema que repercuten en equilibrio del mismo.

Por lo expuesto anteriormente planteamos la siguiente interrogante:

¿Cuál es la estimación del potencial de Captura de Carbono, del bosque natural secundario en el Centro de Producción e Investigación Pabloyacu?

En la presente investigación se estimó la biomasa del bosque natural secundario, mediante el modelo de la ecuación alométrica, con el cual se calculó con aproximación la capacidad como captador de carbono.

Estas estimaciones de biomasa, se realizó con el fin de demostrar que el bosque secundario, además de ser un ecosistema con abundante biodiversidad, es un gran captador de carbono y de CO₂ atmosférico; que son emitidos por las actividades antropogénicos e industriales, esto ligado a la capacidad de generación de biomasa en una área determinada.

1.2 OBJETIVOS

GENERAL

- Estimar el potencial de Captura de Carbono, del bosque natural secundario en el Centro de Producción e Investigación Pabloyacu.

ESPECIFICOS

- Estimar el carbono capturado en la biomasa de árboles vivos.
- Estimar el carbono capturado en la biomasa de hojarasca.
- Estimar el carbono capturado en la biomasa de árboles muertos en pie y raíces.

1.3 FUNDAMENTACION TEORICA

1.3.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION

La agroforestería, como paradigma tecno-productivo, ofrece mayores ventajas comparativas con relación a algunos otros sistemas de uso de la tierra: elevación de créditos globales, producción y productividad biofísica provisión de argumentos socioeconómicos que revelen su versatilidad circunstancial (Nair, 1997; Krishnamurthy et al. 2000) y alternativa a los sistemas tradicionales de agricultura migratoria “roza-tumba-quema”. Se demanda ahora explorar la factibilidad de los sistemas agroforestales para secuestrar carbono, en un marco amplio, transdisciplinario y de compromiso colectivo. La entrada en vigencia del Protocolo de Kyoto y su mecanismo de desarrollo limpio abren la perspectiva para los productores forestales de captar beneficios financieros provenientes de los servicios de fijación de carbono que ofrecen sus actividades. Esto se hace posible gracias a que los proyectos forestales que apliquen exitosamente al MLD podrán generar certificados de reducción de emisiones que podrán ser comercializados. (Alegre et al. 1998).

Antecedentes de estimación de la captura de carbono en el Perú y otros países

- Palomino y Cabrera (2008), realizaron una investigación conjunta llamada: “Estimación del servicio ambiental de captura del CO₂ en la flora de los humedales de Puerto Viejo”, en la que se estimó el servicio ambiental de captura del CO₂ de las especies de flora predominante, siendo la “grama salada” *Paspalumvaginatum* Swartz, la “Salicornia” *Salicornia fruticosa* Linneo y la especie de valor artesanal, como la “totora” *Schoenoplectuscalifornicus*, y el “junco” *Scirpusamericanus*, donde se cuantificó la cantidad de

carbono almacenado con la finalidad de conocer el potencial de captura del CO₂ de estas especies características de los humedales y de esta manera conocer la pérdida de estas reservas de carbono al quemarlos o cambiarlos de uso para fines agrícolas o urbanos. Esta característica de capturar carbono se da en la biomasa parte aérea, radicular y en el suelo. En cada una de estas especies se establecieron al azar cinco transectos donde se tomó las muestras de flora dentro de estos transectos se establecieron cuadrantes también al azar para cuantificar la biomasa herbácea de los Humedales de Puerto Viejo.

- Jiménez, *et al*, (2008), en el estudio “Capacidad de Captura de Carbono en Ecosistemas Mixtos en el Estado de Tamaulipas” describe que los bosques y selvas son los almacenes de carbono más importantes del mundo y los responsables de la mayor parte de los flujos de carbono entre la tierra y la atmósfera a través de la fotosíntesis y la respiración. La Reserva de la Biosfera “El Cielo”, localizada al sur del Estado de Tamaulipas, participa con grandes extensiones de distintos tipos de vegetación; este estudio tiene como objetivo principal evaluar la capacidad de almacenamiento de carbono en tres ecosistemas: Bosque Tropical Subcaducifolio, Bosque Mesófilo de Montaña y Bosque de Pino-Encino, mediante elementos arbóreos y/o arbustivos. Además, se determinó la distribución del carbono almacenado en la parte aérea. El muestreo se realizó en sitios de 1000 m², fraccionado en cuatro cuadrantes de 250 m². En el cuadrante I se midieron los árboles, arbustos y renuevos. La necromasa se pesó en una parcela interior de 25 m².

En los cuadrantes II, III y IV se evaluaron los individuos con un diámetro a 1,3 metros mayor a 5 cm y se pesó en

cada cuadrante la hojarasca localizada en 1 m². Para determinar la cantidad de biomasa se generaron ecuaciones alométricas por especie. (Jiménez, et al, 2008).

La biomasa de la hojarasca, necromasa y renuevos se estimó con el peso seco obtenido de submuestras en cada ecosistema. El contenido de carbono se midió con el equipo **solids TOC analyzer** para las especies arbóreas de los distintos ecosistemas arbóreas. Utilizó el factor de conversión de carbono de 0,5 que contiene la biomasa seca. (Jiménez, et al, 2008).

El bosque de pino-encino almacenó en promedio 69,8 TonC/ha en fustes, ramas, hojas, regeneración y hojarasca. En esos mismos componentes, el bosque tropical subcaducifolio almacena en promedio 66,1 TonC/ha, mientras que el bosque mesófilo de montaña 57,7 TonC/ha en árboles y arbustos. La superficie de muestreo de los tres ecosistemas corresponde al 21,5% del total del área natural protegida. (Jiménez, et al, 2008).

En esta superficie se almacenan más de 1 303 477,52 TonC. La mayor proporción se ubica en el fuste, ramas y hojas (79.6%), en las raíces se localiza el 11,8%, en la hojarasca se almacena el 7,8%, mientras que en la necromasa y regeneración se encuentra sólo el 0,4 y 0,5% respectivamente del carbono total de los tres ecosistemas.(Jiménez, et al, 2008).

- Alegre, *et al.* (2002), realizaron un estudio sobre secuestro de carbono con sistemas alternativos en el Perú, donde se evaluaron reservas de carbono y el flujo de carbono en un rango de diferentes sistemas de uso de

la tierra que van desde foresta natural hasta sistemas intensivos, de cultivos y sistemas agroforestales principalmente en suelos ácidos de los trópicos húmedos del Perú y suelos alcalinos, orgánicos de la Sierra del Perú. Las dos regiones del Perú presentan diferencias significativas en cuanto a clima y suelos. En Yurimaguas y Pucallpa los suelos fueron Ultisoles de baja fertilidad y alta saturación de aluminio y en la sierra los suelos son Entisoles y Mollisoles de altos contenidos de Ca y Mg y materia orgánica. La foresta y los barbechos antiguos tuvieron los contenidos más altos de carbono en Yurimaguas y Pucallpa y en Cajamarca las plantaciones de Pinos y Eucaliptos. El nivel de carbono en todos los sistemas manejados es más bajo que el de los bosques naturales. Entre los sistemas manejados el contenido de carbono en los sistemas perennes con árboles fue más alto y fluctuó desde 80 ton/ha para los sistemas de café y huertos familiares hasta 230 ton/ha para las plantaciones de *Amburana* y *Cedrelinga*. En Pucallpa los suelos presentaron mayores reservas de C en la biomasa aérea que en el suelo mientras que en Cajamarca se presentaron mayores reservas de carbono en los suelos principalmente bajo condiciones de uso intensivo con cultivo o pastura naturales.

- Gamarra(2001), estimó el Contenido de Carbono en plantaciones de *Eucalyptusglobulus* Labill en el departamento de Junín – Perú.

La metodología utilizada fue desarrollar un inventario de diámetros y alturas de árboles en parcelas de medición, con medidas adicionales de maleza, hojarasca y suelo. El inventario partió de un muestreo sistemático estratificado con equidistancias entre sitios de 250m, levantándose un total de 45 sitios cuadrados concéntricos de 625 m², cada

uno, en el estrato I, y 15 en el estrato II, el procedimiento señalado representó una intensidad de muestreo 2%. Para obtener los valores de biomasa se utilizaron ecuaciones de biomasa generales (no específicas para el país). El total de carbono estimado tuvo un rango de variabilidad de ± 15 TonC/Ha. Los resultados obtenidos son de: Biomasa arriba del suelo 73.03 tC/ha; Biomasa abajo del suelo 21.64tC/ha, Hojarasca 4,99 tC/ha y suelos 37,39 TonC/ha, en total 137,05 tC/Ha.

Asimismo, para determinar la fijación anual de carbono por crecimiento de la masa forestal se obtuvo la tabla de incremento del género *Eucalyptus*, el cual implicó un análisis detallado del estudio dasonómico conducido en la comunidad (Rodríguez, Quispe, 1997). El cual determinó un incremento Medio Anual (IMA) de 7,96 m³/ha/año. Los resultados obtenidos muestran un estimado de fijación de carbono de 7,25 TonC/Ha/año, representando 26,61 toneladas de fijación de dióxido de carbono.

- Sánchez (1996), en su estudio “Acumulación de la Biomasa Aérea y Leña en Rodales Naturales del Pashaco *Parkiaigneiflora*Ducke (Leguminosae) en la Región de San Martín – Perú”; estableció dos rodales I y II con 56 y 58 árboles respectivamente en donde realizó un muestreo destructivo distribuido en tres fases de crecimiento latizal alto, fustal y árboles maduros cada árbol fue volteado, trozado y separado en los componentes corteza y madera del fuste, follaje y ramas de la copa, obteniendo sus pesos secos. Mediante una combinación de los métodos de cosecha y alométricos se estableció que la biomasa aérea y leña total acumulada para el Rodal I fue de 210,1 Ton/ha; de las cuales 84,7% corresponde a fustes (5% corteza y 79,7% madera) y 15,3% a copas (1,8% follajes

y 13,5% ramas). En el Rodal las fases de crecimiento: latizal alto, fustal y arboles maduros aportan 11,2%, 6,3% y 42,5% respectivamente de la biomasa total. El Rodal II tiene 458,5 ton/ha; de ellas el 82,9% contribuyen los fustes (3,6% corteza y 79,3% madera) y 17,3% las copas (1,3% follaje y 15,8% ramas). Las fases de crecimiento latizal alto, fustal y árboles maduros aportan con 9,1%, 46,4% y 44,5% respectivamente. Los rendimientos de leña seca estimada para los bosques del Pashaco fue de 206,8 ton/ha (175,2 ton/ha fustes y 31,6 ton/ha ramas) para el rodal I, y 453,0 ton/ha (373,4 ton/ha fuste y 79,6 ton/ha ramas) para el rodal II. El incremento medio anual de leña seca de ambos rodales fue de 37,7 ton/ha/año y 44,8 ton/ha/año respectivamente.

1.3.2 BASES TEORICAS

El Bosque

El bosque es un ecosistema es decir, un lugar que por sus características ambientales ha permitido la formación y desarrollo de árboles y otros organismos (plantas, arbustos, microbios, insectos y animales) que viven en conjunto, ayudándose unos a otros para nacer, crecer, madurar, reproducirse y morir.(BARSEV, 2002).

Hace 10.000 años, los bosques ocupaban entre el 80 y el 90% de la superficie terrestre, pero producto de la deforestación, en la actualidad cubren entre un 25% y un 35% de la superficie. Por eso es necesario plantar árboles para recuperar terrenos que se encuentran gravemente erosionados y que requieren de una cubierta vegetal. (BARSEV, 2002).

Características de los Bosques

En general, el bosque es un ambiente sombrío, fresco y abrigado, características determinadas por los factores ambientales existentes en el lugar en que éste se desarrolla (clima, luz solar, lluvia, suelo y elevación sobre el nivel del mar). Como nuestro país posee una gran variedad de climas, encontramos diversos tipos de bosques. (DILLON, 1993)

Aprovechamiento actual de los Bosques Secundarios

La mayoría de los aprovechamientos forestales ya ocurren actualmente en los bosques secundarios. Frecuentemente estos bosques se encuentran cerca de poblaciones y sirven a los habitantes locales para satisfacer diferentes necesidades. Casi siempre se trata de una utilización forestal y agrícola múltiple. Principalmente se utiliza la leña, la madera para construcción rolliza y aserrada, postes, tutores y productos no maderables. También ocurre un uso agropecuario de los bosques secundarios, a través del barbecho forestal, pastoreo en el bosque y cultivo de plantas anuales o perennes dentro del bosque. El aprovechamiento agropecuario y forestal sirve principalmente para el auto consumo. Solo en casos aislados la comercialización a nivel local y regional de los productos alcanza dimensiones mayores (por ejemplo la obtención de carbón vegetal). (ROMERO, 2005)

Fijación de bióxido de carbono

Montoya (1995), afirma que, a través de la fotosíntesis, la vegetación asimila CO₂ atmosférico, forma carbohidratos y gana volumen. Los bosques del mundo capturan y conservan más carbono que cualquier otro ecosistema terrestre y participan con el 90% del flujo anual de carbono de la atmósfera y de la superficie de la tierra.

Con el manejo forestal es posible compensar las crecientes emisiones de CO₂ en dos formas.

a) Creando nuevos reservorios de bióxido de carbono.

Restaurando las áreas degradadas por medio de plantaciones y/o regeneración natural, y por la extracción de madera. En ambos casos se pretende almacenar el carbono a través del crecimiento de árboles y, al extraer la madera, convertirla en productos durables. El carbono acumulado se mantendrá durante la vida útil del producto. Al extraer la madera, la regeneración actuará almacenando carbono por el crecimiento. Los sistemas forestales y agroforestales pueden capturar en sus diferentes almacenes de 80 a 350 toneladas de carbono por hectárea. (MONTROYA. 1995) Y (ORDOÑEZ. 1999)

b) Protección de bosques y suelos. Con la destrucción del bosque se pueden liberar a la atmósfera de 50 a 400 toneladas de carbono por hectárea. Mencionan que “Mientras la protección de un área forestal puede inducir a la presión de otra, el manejo integrado de recursos enriquecido con esquemas de evaluación de proyectos son requeridos para validar dicha protección “, no obstante, los aspectos técnicos pierden su efectividad si no participa la población, es decir, tanto los dueños de los recursos como los que consumen los productos derivados del bosque. (MONTROYA. 1995) Y (ORDOÑEZ. 1999)

El ciclo del carbono

Ordoñez (1999), menciona que, este ciclo gira especialmente alrededor del bióxido de carbono, ya que constituye la especie química predominante en la atmósfera. El ciclo funciona básicamente a través de la fotosíntesis, la respiración, las emisiones por quema de combustibles fósiles y fenómenos naturales como las erupciones volcánicas, en la figura 1, se muestra su representación. A sí mismo afirma que, el ciclo del carbono es el responsable de la cantidad de CO₂ contenido en la atmósfera, ya que es el mecanismo que equilibra las cantidades de carbono presentes en los diferentes reservorios o almacenes de carbono en el planeta. Como consecuencia se establece todo un balance de carbono a través de procesos fijadores/almacenadores de carbono y otros que a su vez lo emiten.

Oliva y García (1998), afirman que, en los ecosistemas terrestres, la vía más importante del flujo de carbono atmosférico a la vegetación y el suelo es biológica, por medio de la fotosíntesis y la descomposición, respectivamente. Este flujo involucra muchos procesos interactuantes, los cuales mantienen el equilibrio dinámico del intercambio de gases atmósfera planta suelo (figura 1). Como se mencionó anteriormente, la deforestación puede afectar este equilibrio dinámico de intercambio de gases, por lo que es muy importante conocer cuáles son los mecanismos que lo controlan.

Fig. N°01: Ciclo del Carbono

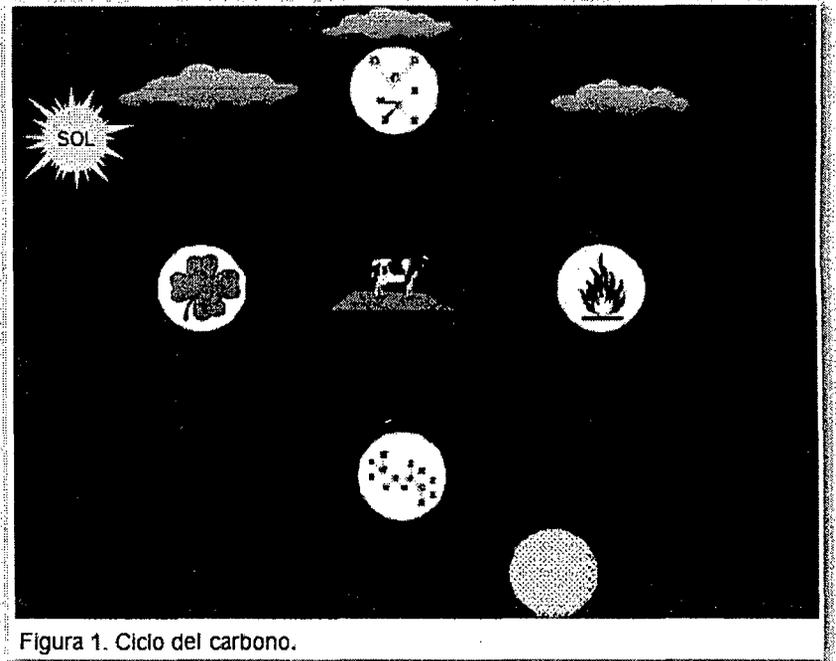


Figura 1. Ciclo del carbono.

Fuente: Ordoñez (1999)

Oliva y García-Oliva (1998), mencionan que, la incorporación del C al ciclo biológico se da por medio de la fotosíntesis que produce energía bioquímica para los procesos fisiológicos y de formación de materia biológica (biomasa) a partir del CO₂, energía radiante y nutriente. El CO₂ es tomado directamente de la atmósfera y su asimilación por la planta es conocida como fotosíntesis gruesa. Pero no todo el CO₂ asimilado es transformado a biomasa, sino que una parte es regresada a la atmósfera por medio de la respiración que se lleva a cabo durante los procesos fisiológicos.

Castellanos y col. (1991), afirman que el carbono fijado por las plantas se transforma en moléculas móviles, que se asignan a las diferentes estructuras de la planta para satisfacer sus demandas fisiológicas y estructurales. Esta asignación determina las rutas por las cuales se dará posteriormente el flujo de C al suelo. Cada especie de planta asignará más o menos C para producir biomasa en la parte aérea o en la parte

subterránea. Por ejemplo, la biomasa subterránea en la selva estacional representa entre 40 y 50 % de la biomasa total, mientras que en el bosque templado y la selva húmeda, la biomasa subterránea representa menos del 15%.

Oliva y García-Oliva (1998), describen que, la incorporación de C al suelo en los ecosistemas naturales se da por dos vías principales: por el mantillo (capa superficial de materia vegetal) y por la biomasa radicular. La velocidad de la descomposición de este material depende de las poblaciones microbianas del suelo y de las características del material vegetal.

Oliva y García-Oliva (1998), narran que, cuando el material llega al suelo, primero van a ser descompuestas las formas más sencillas (e.g., carbohidratos) aumentando la actividad microbiana y posteriormente serán degradados los compuestos más complejos con una menor velocidad y actividad microbiana. Esto sugiere que la entrada de C nuevo al mantillo y al suelo es muy importante para mantener activas a las poblaciones microbianas. Esta incorporación de C nuevo es por medio de la vegetación, por lo que la producción y la fenología son otros mecanismos que controlan el flujo de C atmósfera - planta - suelo.

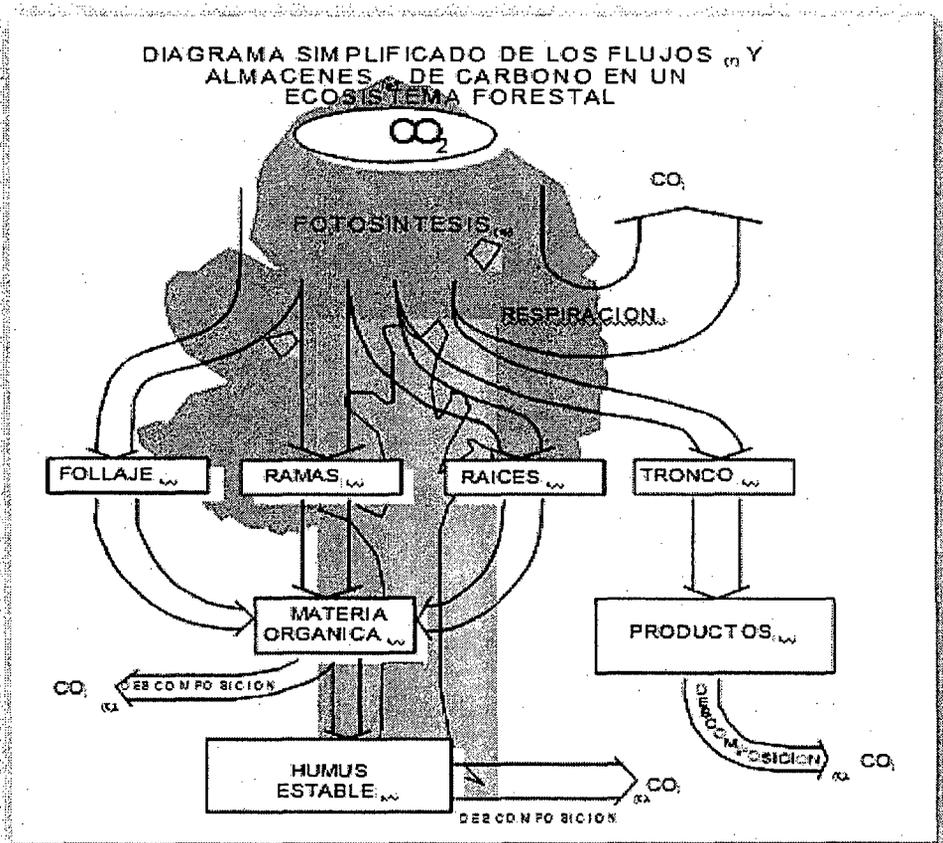
Flujos y almacenes de carbono en ecosistemas forestales

IPCC, (1995); Lashof y Ahuja, (1990); Mintzer, (1992) y Dixon y col. (1994), citan que, el panorama actual del incremento de CO₂ atmosférico y la tendencia a que pueda aumentar más la tasa de emisión neta es desalentador. Sin embargo, afortunadamente es posible reducir dichas emisiones a la atmósfera por medio del ciclo biológico conocido como el ciclo del carbono. Estimar con precisión la dinámica de los flujos netos de carbono entre los bosques y la atmósfera (es

decir, el balance emisión-captura) es uno de los problemas abiertos más importantes en la discusión sobre cambio climático.

García-Oliva y Ordóñez (1999), describen que, esto es resultado, del complejo ciclo biogeoquímico del carbono en los ecosistemas forestales. En efecto los flujos y almacenes de carbono en un ecosistema forestal, donde el follaje, las ramas, las raíces, el tronco, los desechos, los productos y el humus estable son almacenes de carbono, figura (2) mismos que se reincorporarán al ciclo por descomposición y/o quema de la biomasa forestal.

Fig. N° 02:Diagrama simplificado de los flujos y almacenes de carbono en un ecosistema forestal



Fuente:(Ordóñez, 1998 y 1999).

La valoración de los recursos naturales

Scott *et al.* (1998), afirma que, los elementos naturales que conforman a un ecosistema (recursos bióticos y abióticos), así como las interacciones que ocurren entre estos procesos ecológicos, constituyen un factor determinante en la formación y establecimiento de cualquier sociedad humana. Cada grupo cultural aprovecha de manera directa como indirecta la gama de funciones ecológicas presentes en su entorno natural (OLGUÍN, 2001)

GEF-UNEP (1999), cita que, lo que no sólo garantiza su bienestar inmediato, si no que promueve en ellos la creación de una serie de valores al respecto (OLGUÍN, 2001).

Daily (1997), describe que, la valoración de la naturaleza implica la resolución de temas filosóficos fundamentales respecto al establecimiento de un contexto socio- cultural, la definición de objetivos y de sus preferencias.

Toledo (1998), menciona que, de esta manera, la caracterización de la biodiversidad y otros servicios en el ambiente no constituye únicamente una propiedad de los sistemas biológicos, sino también de los culturales.

Daily (1997), afirma que, uno de los factores más importantes del deterioro ambiental y pérdida de la biodiversidad actual, ha sido el valor que las sociedades les han asignado a los recursos naturales en términos de su utilidad económica.

Challenger (1998), indica que, de hecho, con la industrialización de las sociedades se consolidó un sistema económico en donde la valoración de los recursos naturales fue subordinada a la producción y consumo masivo de éstos. Así

mismo describe que, los elementos que han dominado esta visión destacan.

- a) El creer que los recursos naturales son ilimitados. Se refiere a la visión judeocristiana en donde el hombre se considera “amo de la naturaleza”. Max Weber (1904), atribuyó esta creencia como base del pensamiento de la economía capitalista (OLGUÍN, 2001).
- b) El perseguir la eficiencia económica sin importar los costos sociales. Este aspecto se relaciona con la eficiencia económica de un proceso de producción. Es decir, se refiere únicamente a los beneficios netos maximizados generados de este proceso, sin distinguir qué personas acumulan los beneficios y por ende no importa la equidad social (FIELD, 1995; OLGUÍN, 2001).
- c) El seguir un sistema económico con fallas de mercado. Se refiere a que los costos sociales y ambientales derivados de los procesos de producción no son reflejados en las transacciones monetarias o de mercado (Azqueta, 1994; Belausteguigoitia y Soriano, 1996). Un ejemplo es la calidad ambiental, que por considerarse un bien público y no tener un lugar definido en el mercado, se emplea y degrada sin que por ello exista alguna compensación (FIELD, 1995; OLGUÍN, 2001).

Bienes y servicios ambientales

Montoya *et al.* (1995), indican que desde la celebración de la “Cumbre de la Tierra” en Río de Janeiro (1992), se enfatizó que a fin de alcanzar la conservación y manejo sostenible de los recursos naturales es necesario generar estructuras internalicen los costos y beneficios de los sistemas de mercado (OLGUÍN, 2001).

Daily *et al.* (1996), afirma que en este sentido varios autores han coincidido en incorporar una perspectiva integral económico-ecológica, basada principalmente en los bienes y servicios ambientales (BSA). El reconocimiento de los BSA, además de establecer un valor económico a los beneficios que la naturaleza brinda de forma gratuita, alerta a las sociedades sobre pérdidas de elementos y funciones ecológicas que son sustento de la actividad económica y de su propio bienestar (OLGUÍN, 2001)

Constanza *et al.* (1997), Scott y col. (1998), describen que, los BSA son diferentes entre sí, mientras los bienes ambientales son producto de las funciones ecológicas (e. g, alimentos y agua), los servicios son atributos de estas; por ejemplo, ciclaje de nutrientes, formación y retención del suelo, flujo y almacenamiento del agua (OLGUÍN, 2001).

Christensen y Franklin (1997), afirman que, sin embargo ambos dependen de la estructura y diversidad presente en cada ecosistema (OLGUÍN, 2001).

Scott *et al.* (1998), reafirma que, por lo que la cantidad y calidad de los BSA se pone en peligro al deteriorarse los procesos u otros elementos de base que mantienen las condiciones óptimas de los ecosistemas (OLGUÍN, 2001).

Valor Económico Total

Belausteguigoitia y Soriano (1996), describen que dependiendo de sí los BSA, son consumidos directamente, de su importancia en el sostenimiento de la vida y de su capacidad para proveer valores éticos y culturales, se han agrupado en 4 clases: valor de uso directo, valor de uso indirecto, valor de opción y valor de existencia. Esta clasificación se conoce dentro de la economía ambiental como Valor Económico Total (OLGUÍN, 2001).

Los bosques y el Cambio Climático Global

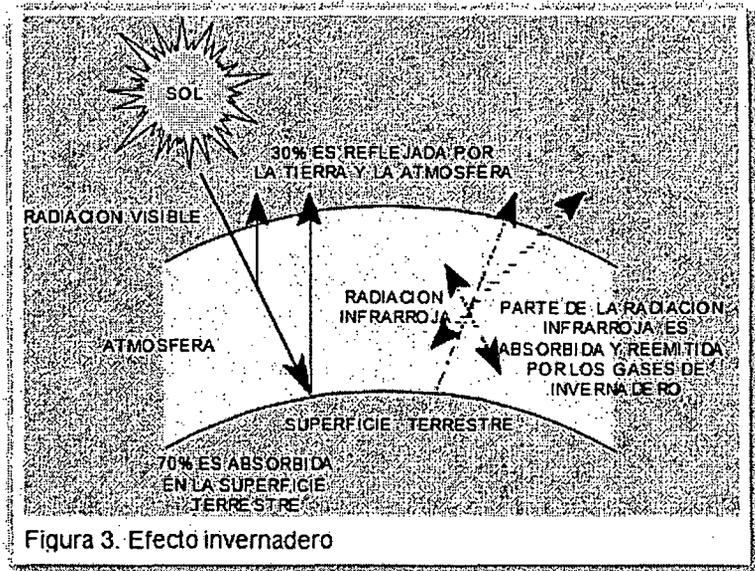
El efecto invernadero

Salati (1990), determina que, nuestro planeta está rodeado por una delgada capa de gases denominada atmósfera. Esta atmósfera, se compone actualmente por nitrógeno (78.3%), oxígeno (21.0%), argón (0.3%), dióxido de carbono (0.03%) y otros gases en cantidades menores como helio, neón, xenón. Además de estos gases, la atmósfera contiene aerosoles (partículas) en cantidades variables dependiendo de su origen y concentración, y vapor de agua en concentraciones fluctuantes. Este último es responsable de gran parte de los fenómenos meteorológicos.

El efecto invernadero se debe a que ciertos gases en la atmósfera permiten que la mayor parte de la radiación solar incidente penetre hasta la superficie del planeta, mientras que absorben y remiten parte de la radiación infrarroja que el planeta emite de regreso al espacio exterior. Figura (3). Cuanto mayor es la concentración de los gases de invernadero, menor es la cantidad de radiación infrarroja que el planeta emite libremente al espacio exterior. De esta manera, al aumentar la

concentración de gases de invernadero, se incrementa la cantidad de calor atrapado en la atmósfera, dando origen a que se eleve la temperatura superficial del planeta.

Fig. N° 03: Efecto Invernadero



Fuente: Salati (1990).

CAPTURA DE CARBONO

A fines de los 70 el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y luego la Sociedad Mundial de Meteorología (SMM), alertan sobre drásticas variaciones climáticas (UNEP Y GMS, 1992), las que serían consecuencia de la gradual y creciente acumulación de “gases de efecto invernadero” (GEI) en la atmósfera, provenientes principalmente de la actividad industrial y deforestación masiva (IUCC y PNUMA, 1995). Se han modelado algunos escenarios, uso extremo, señala que para el 2100 habrían incrementos de 3,5° C en la temperatura media, 0,65m en el nivel medio del mar, de 7 a 11 % la tasa de precipitación – evaporación, etc. (IPCC, 1995). Además de innumerables consecuencias biofísicas y socioeconómicas, como: migración, suplantación, padecimiento y extinción de especies, epidemias y pandemias agrícolas y humanas: sequías, erosión y

desertificación de suelos; variaciones en los patrones, producción y productividad de agro ecosistemas; etc. (UNEP Y GMS, 1992; IPCC, 1995; Woodwellcit por Parlamento Latinoamericano, et al, 1998).

En la reunión de Rió de Janeiro, Brasil: Eco-92, se firmó La Convención Marco Sobre el Cambio Climático, rubricado por 162 líderes de estado y ampliamente esperado por esferas científicas, políticas y sociales (IUCC y PNUMA, 1995; Framework ConventiononClimateChange, 1998). Más que normativa aperturaba un espacio de discusión que la temática ameritaba en la Agenda 21 (UNEP, 1996).

Las medidas a implementar, son producto de investigaciones multidisciplinarias y emitidas en informes periódicos por el IPCC, Grupo Intergubernamental de expertos sobre Cambio Climático (IPCC, 1995) el ala política macro es dada por la Conferencia de las Partes (CdP), foro que en reuniones periódicas, propone y monitorea la implementación de las sugerencias técnicas, siendo algunos de sus productos: el manto de Berlín 93 y el protocolo de Kyoto 97 (CMNUCO, 1997; Parlamento Latinoamericano, et al, 1998).Existen además varios otros grupos de discusión, financiamiento y acción relacionados: el Foro para el Medio Ambiente Mundial (GEF). La alianza de pequeños estados insulares (SIDS), la Sociedad Mundial de meteorología (SMM), el programa de las naciones unidas para el medio ambiente (PNUMA), entre los más relevantes (IPCC, 1995; UNEP, et al. 1999).

Alternativamente, hay confluencia mundial, en que es primordial la generación de nuevos paradigmas de desarrollo y conducta (individuales y sociales) sustentados en preceptos de sostenibilidad y equidad, este particular punto de urgente aplicabilidad (CMNCO, 1997). Las líneas sugeridas

consideran: inventarios de emisiones, programadas de mitigación, investigación de base, promoción de la investigación, transferencia tecnológica, promoción y protección de sumideros, intercambio de información y participación ciudadana (Parlamento Latinoamericano, *et al.* 1998. políticamente, en Kyoto 97 se propusieron medidas concretas, como la reducción de emisiones a niveles precedentes generación de mercados internacionales, facilitamiento de conocimiento, información, tecnología y financiamiento norte – sur (Parlamento Latinoamericano *et al.* 1998) más la respuesta ha sido desigual, al punto que el protocolo permanecerá aun sin ser ratificado. Han resultado más exitosas las negociaciones de cuotas de emisión que involucra no solo estados sino organizaciones privadas que intermedien en este “mercado de derechos negociables de emisiones” inclusive se ha establecido una tasa de valuación “el dióxido de carbono equivalente” (*ORTIZ et al 1998 PARLAMENTO LATINOAMERICANO ET AL, 1998*).

El potencial de absorción de carbono mediante actividades de forestación/reforestación depende de la especie, el lugar y el sistema de ordenación y, por consiguiente, es muy variable.

Los índices normales de absorción, expresados en toneladas de carbono (tC) por hectárea y año, en el trópico es 3.2 a 10 tC (*EGUREN, 2004*).

Los estudios realizados en las regiones tropicales indican que sería posible absorber un volumen adicional de carbono, que se cifra en 11.5 a 28.7tC mediante la regeneración de unos 217 millones de Ha de tierras degradadas. Tal vez únicamente un tercio de la tierra ecológicamente adecuada podrá destinarse a actividades de forestación/reforestación. (*PINEDA, et al. 2005*).

MÉTODOS DE MEDICION DE CARBONO

Para estimar la biomasa aérea se puede emplear dos métodos:

- a) Método directo o destructivo.
- b) Método indirecto, que generalmente se aplican cuando los árboles son de grandes dimensiones.

En los dos casos, los valores obtenidos se extrapolan a una hectárea (SEGURA Y KANNINEN, 2002).

El método directo o destructivo incluye mediciones de campo, cosecha y toma de muestras de la totalidad de la vegetación, teniendo en cuenta algunos criterios de evaluación. Aunque este método es más costoso y requiere de mayor tiempo, arroja resultados de alta confiabilidad, en comparación con el segundo método. Entre los métodos indirectos para estimar biomasa, se encuentra el uso de modelos de biomasa específica para cada especie, donde los valores de inventarios forestales como diámetro y altura, se transforman a términos de biomasa con la ayuda de modelos generales.

INVENTARIO DE CARBONO

Un inventario de carbono es un método usado para medir, registrar y procesar los datos del bosque, obtenidos en el campo y, así obtener información de la cantidad, calidad de los árboles y características del área boscosa, de acuerdo a las necesidades requeridas (BASANTES, 2003). En un inventario de carbono calculamos cuanto carbono está fijado en cada uno de estos “almacenes”. Podríamos comparar el inventario con una fotografía que nos permite “ver” el tamaño de estos almacenes al momento de tomarla.

DETERMINACION DE BIOMASA

Es importante conocer la biomasa de una especie para elaborar previsiones sobre el ciclo del carbono, que es un elemento de importancia en los estudios sobre cambio climático. Además, para una parte de la población humana que vive en las zonas rurales de los países en desarrollo, la biomasa es una fuente de combustible para cocinar y para calefacción. La determinación adecuada de la biomasa de un bosque, es un elemento de gran importancia debido a que esta permite determinar los montos de carbono y otros elementos químicos existentes en cada uno de sus componentes. Esta información es de especial importancia en la actualidad, debido a la necesidad de conocer los montos de carbono capturado por los cultivos naturales y plantaciones forestales, como un medio para mitigar los cambios climáticos generados por el consumo de combustibles fósiles, entre otros, que liberan una gran cantidad de dióxido de carbono a la atmosfera.

BIOMASA VEGETAL.

La biomasa de las comunidades vegetales es la cantidad de material vegetal o la suma total de la materia viva que se encuentra en un ecosistema en un período determinado, expresado en peso de materia seca (toneladas) por unidad de área (Brown 1997). La biomasa de la vegetación leñosa es un depósito importante de los gases de efecto invernadero (GEI) y contribuye al almacenamiento de carbono en el suelo a través de la acumulación de la materia orgánica (FAO 1995, citado por Baldoceda 2001). La biomasa se puede cuantificar de forma directa e indirecta. La forma indirecta implica recolectar datos de campo en inventarios para su posterior utilización en ecuaciones y modelos matemáticos calculados por medio de análisis de regresión. La forma directa consiste en el apeo y pesado del árbol y determinar su peso seco (Brown 1997).

1.3.3 DEFINICIÓN DE TERMINOS

- **Almacenamiento**
Acción y efecto de almacenar (guardar, poner, depositaren algún almacén).
- **Biomasa**
Peso (o estimación equivalente) de la materia orgánica, por encima y por debajo del suelo.
- **Bosques**
Ecosistema compuesto predominantemente por árboles y otra vegetación leñosa que crecen juntos de manera más o menos densa.
- **Bosques secundarios**
Vegetación boscosa que ha vuelto a crecer en tierra que fuera desmontada de la vegetación forestal original, es decir, que tiene menos de la cubierta forestal original. Estos bosques secundarios también pueden ser el resultado de la regeneración del bosque natural después de catástrofes naturales como incendios, deslizamientos de tierras e inundaciones.
- **Carbono**
Elemento químico sólido y no metálico que se encuentra en todos los compuestos orgánicos y en algunos inorgánicos. En su estado puro se presenta como diamante o grafito. Su símbolo es C y su número atómico 6. El carbono permanentemente ingresa en la atmósfera en la forma de dióxido de carbono, metano y otros gases.
- **Dióxido de carbono (CO₂)**
Es uno de los gases más abundantes en la atmósfera, juega un papel importante en los procesos vitales de plantas y animales, tales como fotosíntesis y respiración. El dióxido de carbono es

una molécula con la fórmula molecular CO_2 . Esta molécula lineal está formada por un átomo de carbono que está ligado a dos átomos de oxígeno, $\text{O} = \text{C} = \text{O}$.

Es un gas inodoro e incoloro, ligeramente ácido y no inflamable.

- **Gases de efecto invernadero (GEI)**

Aquellos gases de la atmósfera, tales como el CO_2 , el vapor de agua, el metano, los óxidos nitrosos y el ozono, que son transparentes a la radiación solar pero opacos a las radiaciones de onda larga, es decir que tienen la particularidad de absorber calor que emite la tierra y evitar que se pierda gran parte dichas radiaciones hacia el espacio.

- **Secuestro de Carbono**

Es un servicio ambiental basado en la capacidad de los árboles para absorber y almacenar el carbono atmosférico en forma de biomasa. Los niveles de absorción pueden ser mejorados con el manejo adecuado de los ecosistemas forestales, evitando su conversión en fuentes emisoras de gases de efecto invernadero (GEI).

- **Silvicultura**

La silvicultura es el cultivo de los bosques o montes y también, por extensión, la ciencia que trata de este cultivo; es decir, de las técnicas que se aplican a las masas forestales para obtener de ellas una producción continua de bienes y servicios demandados por la sociedad. Estas técnicas se pueden definir como tratamientos, cuyo objetivo es garantizar dos principios básicos: la persistencia de la masa (continuidad en el tiempo) y su uso múltiple. La práctica principal de la silvicultura es el aprovechamiento de madera y leña pero, sin embargo, la silvicultura está orientada a la conservación del medio ambiente y de la naturaleza, a la protección de cuencas

hidrográficas, al mantenimiento de pastos para el ganado y a la fruición pública de los bosques.

- **Sucesión**

Proceso de revegetación natural de áreas perturbadas en forma natural o por acciones antropogénicas (deforestación, incendios forestales, etc.), que pasa por diferentes estadios sucesionales en búsqueda de encontrar su equilibrio al transformarse con el tiempo nuevamente en bosques primarios, los cuales pueden ser ecosistemas similares al original o bien conformar otro nuevo ecosistema, dependiendo de variables como dispersión de semilla, cambio en la composición física y química del suelo, fauna silvestre y actividades humanas.

- **Sumidero**

Se entiende cualquier proceso, actividad o mecanismo que absorbe un GEI o un aerosol de un GEI de la atmósfera.

- **Stock de Carbono**

La cantidad de carbono contenida en una fuente, es decir, un embalse o un sistema que tiene la capacidad de acumular o liberar el carbono.

- **Variable**

Objeto, proceso o característica que está presente, o supuestamente presente, en el fenómeno que un científico quiere estudiar. Los objetos, procesos o características reciben el nombre de variables en la medida en que su modificación provoca una modificación en otro objeto, proceso o característica. Las variables principales a las que se suele referir la investigación en psicología pueden ser independientes, dependientes, intermedias, conductuales, observables, o inobservables.

1.4 VARIABLES

1.4.1 INDEPENDIENTE

Elegimos al DAP (diámetro a la altura pecho) como variable independiente debido a su fácil medición en los censos y trabajos de campo.

1.4.2 DEPENDIENTE

La BAT (biomasa aérea total) es la variable que se pretende obtener al aplicar las ecuaciones de biomasa que a su vez darán los resultados para estimar el contenido de carbono.

Así afirmamos que para la presente investigación la relación entre ambas variables es: La Biomasa Aérea Total (BAT) depende del Diámetro a la Altura Pecho (DAP).

1.5 HIPOTESIS

El bosque secundario del Centro de Producción e Investigación Pabloyacu; presenta variabilidad en cuanto al contenido de carbono que se encuentra en la biomasa de árboles vivos; la biomasa de hojarasca; la biomasa de árboles muertos en pie y raíces.

CAPITULO II

MARCO METODOLOGICO

2.1 TIPO DE INVESTIGACION

2.1.1 De acuerdo a la Orientación

Básica

2.1.2 De acuerdo a la Técnica de Contrastación

Descriptiva

2.2 DISEÑO DE INVESTIGACION

En la evaluación de bosques y cultivos, se pueden utilizar una gran variedad de métodos o diseños de inventarios, sin embargo, es necesario buscar diseños que sean realmente eficientes, es decir, que al menor costo posible se obtenga la mayor precisión; todo ello debe ser concordante con las características de la población a evaluarse, teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Heterogeneidad de la población.
- Superficie
- Accesibilidad

La combinación de estos factores determinará la condición básica para el diseño del estudio.

La población está comprendida por un bosque natural secundario, del centro de investigación y producción “Pabloyacu”, de la facultad de Ecología. Por lo tanto el área de trabajo cumple con las siguientes características:

- Superficie pequeña.
- Fácil acceso.

Por lo que el diseño requerido es:

- Irrestringido
- Cobertura completa del área.
- Distribución aleatoria de la muestra.

La superficie total del área de bosque natural secundaria, es de 1 hectárea, un área relativamente pequeña y de fácil acceso.

2.3 POBLACION Y MUESTRA

Población

La población estuvo comprendida por 4 transectos de 600m² cada uno, en un área total de 10000m², en el centro de Investigación y Producción “Pabloyacu” de la facultada de Ecología, de la Provincia de Moyobamba – Región San Martín.

Muestra

El área de estudio es una hectárea y se tomaron muestras de 04 transectos, comprendidas en un inventario de todas las especies existentes, luego se recopilaron información del DAP de las especies presentes en el área.

Para las muestras de biomasa de hojarasca se dividió en 16 áreas de 25 m², a su vez se dividió en 16 sub parcelas de 1 m² donde se colocó un hule de plástico de un 1 m².

2.4 TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

2.4.1 SELECCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

Con el apoyo del personal del Centro de Producción e Investigación Pabloyacu se realizó el reconocimiento del área de estudio, realizando un recorrido por el perímetro y caminos anexos, ubicando de esa manera la hectárea materia de investigación, asimismo se realizó la evaluación preliminar del área de estudio.

Foto N° 01: Delimitación del área de estudio.



Fuente: Propia, 2011.

2.4.2 DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra dentro de la microcuenca de la quebrada Pabloyacu, ubicada a 4.5 Km, del distrito de Moyobamba, siguiendo la carretera Fernando Belaunde Terry, hasta la altura del peaje de IIRSA, siguiendo hacia la derecha un camino carrozable hasta el fundo en mención durante 20 min, continuando una caminata ligera por un camino de herradura hasta internarse en el bosque de más de 200 hectáreas, con altitudes variables en un rango de 900 a 1250 msnm, entre las coordenadas 285000 y 9328000.

2.4.3 TAMAÑO DE LA MUESTRA

La hectárea materia de investigación, se dividió en 4 sub parcelas (transectos), de 600 m², (20x50c.u), considerando que la topografía del área de estudio es heterogéneo en suelo y vegetación, con la misma premisa de ser evaluados en una unidad.

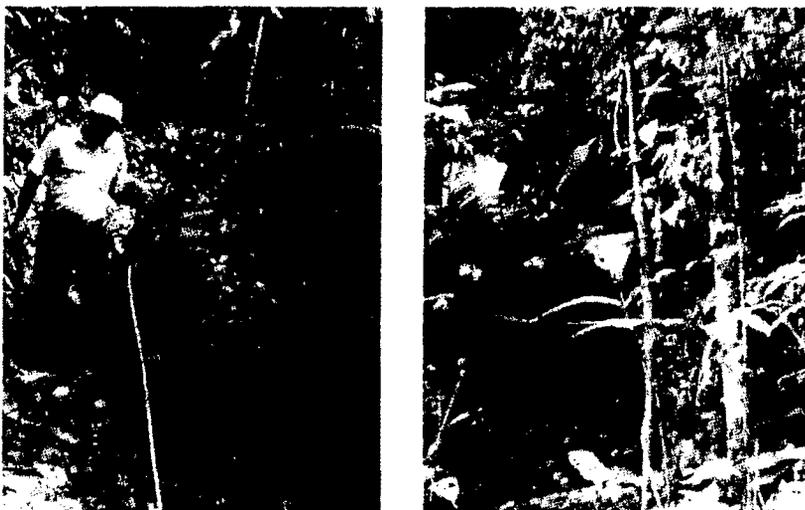
2.5 TECNICAS DE PROCEDIMIENTO Y ANALISIS DE DATOS

2.5.1 METODO DE CAMPO

Delimitación de los transectos

Se procedió a dividir la superficie total del predio en un bloque de 100 m²; posteriormente dentro del bloque se trazó líneas secundarias separadas 20 m entre ellas, obteniéndose 04 transectos de 20 x 100 m (A, B, C, D) en donde se trazó las cuadrículas de 6 x 100 m, para realizar el inventario forestal y evaluación de biomasa.

Foto N° 02: Delimitación de los transectos



Fuente: Propia, 2011.

Toma de datos para la determinación de biomasa aérea

La determinación adecuada de la biomasa de un bosque secundario natural, es un elemento de gran importancia debido a que ésta permite determinar los montos de carbono. Esta información es de especial importancia en la actualidad, debido a la necesidad de conocer los montos de carbono capturados por los bosques secundarios naturales, como un medio para mitigar los cambios climáticos generados por el consumo de combustibles fósiles, que liberan una gran

cantidad de dióxido de carbono a la atmósfera (SCHLEGEL *et al.*, 2001).

Una vez seleccionada el área de los transectos se procedió al inventario forestal para determinar la cantidad y porcentaje de dominancia de especie, luego se tomó los datos del diámetro a la altura del pecho (DAP), para ser procesadas en los trabajos de gabinete.

Foto N° 03. Toma de datos, (DAP).



Fuente: Propia, 2011.

Delimitación del área, separación y pesaje para determinar la biomasa de hojarasca

Se procedió a dividir la superficie total del predio (100 m²); en 16 bloques de 25 m², luego se consideró el centro de los bloques para colocar el hule de 1 m², para realizar la recolección de muestras de hojarasca y posteriormente determinar y evaluación de biomasa.

Se cuantificó en base a la capa de mantillo u hojarasca y otros materiales muertos (ramillas, ramas), en cuadrantes de 0.5m x 0.5m colocados dentro de cada uno de los cuadrantes de 1m². Se colectó toda la hojarasca, las muestras se colocaron en sobres Manila tamaño oficio codificación correspondiente a cada bloque, transectos y repetición, para ser secados, para su

evaluación, donde se registró su peso fresco total; de esta se saca una sub muestra y se registró su peso y se secó en una estufa a una temperatura constante de 75 °C por un periodo de 24 horas, hasta obtener un peso seco constante.

Foto N° 04: Instalación de las sub parcelas para muestras de hojarasca



Fuente: Propia, 2011.



Fuente: Propia, 2011.

Foto N° 05: Toma de datos de la hojarasca



Fuente: Propia, 2011.

2.5.2 METODO DE GABINETE

Evaluación de biomasa vegetal por el método alométrico

La metodología que se empleó para la evaluación de biomasa vegetal fue la recomendada por el centro internacional de investigación en agroforestería (ICRAF) (AREVALO *et al* 2002)

$$BA = 0.1184 DAP^{2.53}$$

Dónde:

BA : Biomasa de árboles vivos
0.1184.1 : Constante
DAP : Diámetro a la altura del pecho (1.30 cm.)
2.53 : Constante
FUENTE: AREVALO, 2002.

Cálculo de la Biomasa de la Hojarasca (TM/ha)

Para estimar esta biomasa en TM/ha, se utilizó la siguiente ecuación:

$$Bh \text{ (TM/ha)} = ((PSM/PFM)*PFT)*0.04$$

Dónde:

Bh : Biomasa de la hojarasca, materia seca
PSM : Peso seco de la muestra colectada (g)
PFM : Peso fresco de la muestra colectada (g)
PFT : Peso total por metro cuadrado (g)
0.04 : Factor de conversión
FUENTE: AREVALO, 2002.

Estimación de carbono en biomasa bajo suelo en PPM (raíces)

La biomasa bajo el suelo se refiere a la biomasa de raíces. Esto se estimará empleando la ecuación elaborada por CAIRNS *et. Al.* 1997, citada por CATIE (2003) y recomendada para suelos tropicales:

$$\text{Braíces} = \exp[- 1.0587 + 0.8836 * \ln (\text{BAT})]$$

Dónde:

Braíces : Biomasa de raíces (t ha-1)

ln : logaritmo natural

exp : potencia base e

BAT : biomasa aérea total en (t ha-1)

Cálculo del Carbono Total

Se ha comprobado que el porcentaje de carbono acumulado en la biomasa forestal es de 45 % a 55%; generalmente se utiliza 50% como promedio para encontrar el porcentaje de carbono en el bosque (Brown *et al.*, Goudrian, Schroeder *et al.*, Hoen y solberg 2000); sin embargo, en este estudio se utilizó el valor mínimo (45%) con la finalidad de no sobre estimar el contenido total de carbono en el bosque natural secundario.

Cálculo del Carbono en la Biomasa Vegetal Total (TM/ha)

Para determinar la estimación del potencial de captura de Carbono se utilizó la siguiente formula:

$$\text{CBV (TM/HA)} = \text{BVT} * 0.45$$

Dónde:

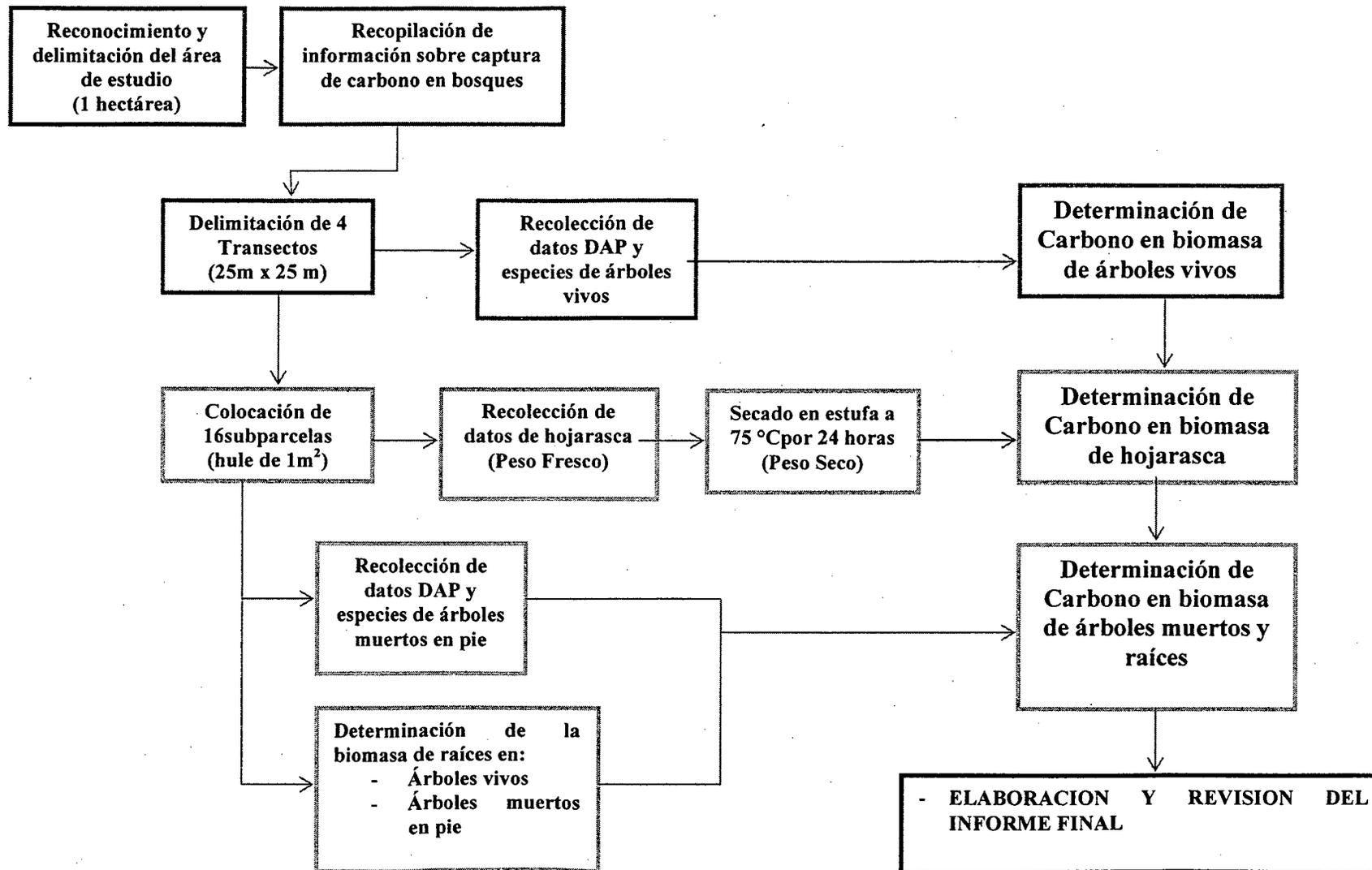
CBV :Carbono en la biomasa vegetal

BVT :Biomasa vegetal total

0.45 :Constante

FUENTE: AREVALO, 2002.

2.5.3 FLUJOGRAMA DE ACTIVIDADES



Fuente: Propia, 2011

CAPITULO III

3.1 RESULTADOS

3.1.1 Determinación de Captura de Carbono en la biomasa de

Arboles vivos.- La metodología que fue la recomendada por el Centro Internacional de Investigación en Agroforestería (ICRAF) (AREVALO *et al* 2002)

$$BA = 0.1184 DAP^{2.53}$$

Dónde:

BA : Biomasa de árboles vivos

0.1184: Constante

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

2.53 : Constante

Fuente: AREVALO, 2002.

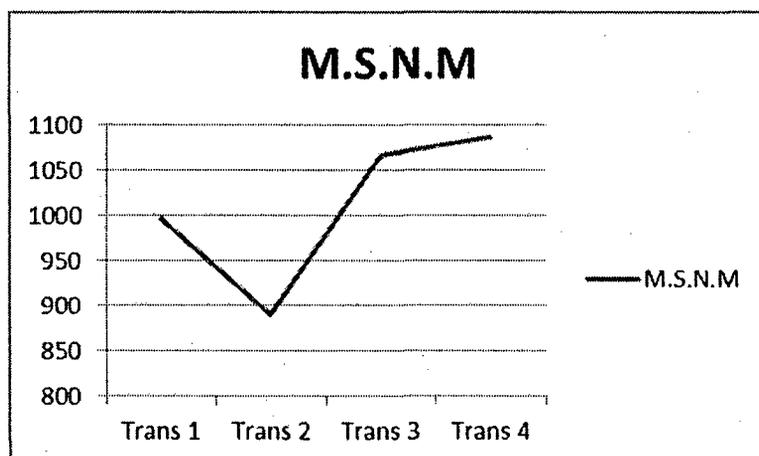
Las estimaciones del C en sistemas arbóreos asumen, en su mayoría, un valor de 0,5 (Brown y Lugo 1984, IPCC 1996). Los autores a continuación al usar el método destructivo encontraron factores que calculan el C. Figueroa (2001) encontró que la concentración de C en *Alnus sp.*, es de 46.78% (0.4678), para *Liquidambar sp.*, la concentración fue de 44.94%(0.4494) y para *Quercus sp.*, la concentración fue de 43.63% (0.4363). Díaz (2005) encontró que la proporción de C en *Pinus patula*, es de 0.5. Avendaño (2006) determino para *Abies religiosa*, el factor para calcular la cantidad de C es de 0.4648. Callo (2001) definió un factor de 0.45 para calcular la cantidad de C de *Pinus sp.*, *Abies sp.* y *Quercus sp.* y definió 0.45 para calcular la cantidad de C en bosques secundarios con vegetación leñosa de carácter sucesional y regeneración natural en terrenos aprovechados por actividades humanas.

Cuadro N° 01: Coordenadas de los Transectos

| COORDENADAS | | ALTURA | TRANSECTO |
|-------------|---------|----------|-------------|
| X | Y | m.s.n.m. | |
| 285070 | 9329076 | 996 | Transecto 1 |
| 285080 | 9329101 | 981 | |
| 285297 | 9329006 | 861 | Transecto 2 |
| 285233 | 9329090 | 890 | |
| 285372 | 9320771 | 1044 | Transecto 3 |
| 285352 | 9320737 | 1067 | |
| 285246 | 9320501 | 1080 | Transecto 4 |
| 285332 | 9320550 | 1086 | |

Fuente: Propia, 2011.

Grafico N° 01: Distribución de las coordenadas de los Transectos



Fuente: Propia, 2011.

Interpretación:

El área en estudio presentó una ligera pendiente de forma ondulada desde la parte alta de la microcuenca Pabloyacu con una altitud máxima de 1086 m.s.n.m. en el Transecto N°04 y presentando una altitud mínima en la parte media del área en Transecto N°02.

Cuadro N° 02: Carbono en árboles vivos, Transecto N°01

| N° A | Nombre Común | Nombre Científico | DAP (cm) | Biomasa arbórea (kg) | Biomasa arbórea (tn) | C (tn) | CO ₂ (Tn) |
|------|------------------|-----------------------------|----------|----------------------|----------------------|--------|----------------------|
| 6 | Calceta | <i>Miconia asperima</i> | 10.5 | 45.390 | 0.045 | 0.020 | 0.075 |
| | | | 16.5 | 142.425 | 0.142 | 0.064 | 0.235 |
| | | | 3 | 1.908 | 0.002 | 0.001 | 0.003 |
| | | | 3 | 1.908 | 0.002 | 0.001 | 0.003 |
| | | | 3 | 1.908 | 0.002 | 0.001 | 0.003 |
| | | | 3.5 | 2.817 | 0.003 | 0.001 | 0.005 |
| 1 | Cebolla Mochahua | <i>Virola surinamensis</i> | 18.5 | 190.238 | 0.190 | 0.086 | 0.314 |
| 2 | Curhuinsi Sacha | NN.II | 9 | 30.732 | 0.031 | 0.014 | 0.051 |
| | | | 8 | 22.812 | 0.023 | 0.010 | 0.038 |
| 1 | Fierro Caspi | <i>Minuartia guianensis</i> | 4 | 3.950 | 0.004 | 0.002 | 0.007 |
| 1 | Ingaina | <i>Myrsine sp</i> | 5.5 | 8.840 | 0.009 | 0.004 | 0.015 |
| 5 | Mashona | <i>Claricia racemosa</i> | 4 | 3.950 | 0.004 | 0.002 | 0.007 |
| | | | 18.5 | 190.238 | 0.190 | 0.086 | 0.314 |
| | | | 3.5 | 2.817 | 0.003 | 0.001 | 0.005 |
| | | | 3 | 1.908 | 0.002 | 0.001 | 0.003 |
| | | | 3 | 1.908 | 0.002 | 0.001 | 0.003 |
| 2 | Moena | <i>Anibasp</i> | 16 | 131.757 | 0.132 | 0.059 | 0.217 |
| | | | 7.5 | 19.376 | 0.019 | 0.009 | 0.032 |
| 1 | Mojarra | <i>Alchorneasp</i> | 2.5 | 1.203 | 0.001 | 0.001 | 0.002 |

| Caspi | | | | | | | |
|-------|-----------------|-----------------------------|------|---------|--------------|--------------|--------------|
| 1 | MoteloCaspi | <i>Duquerttia tessmanii</i> | 5 | 6.946 | 0.007 | 0.003 | 0.011 |
| 3 | Mullaca | <i>Clidemia eterophyta</i> | 6.5 | 13.490 | 0.013 | 0.006 | 0.022 |
| | | | 8.5 | 26.594 | 0.027 | 0.012 | 0.044 |
| | | | 4.5 | 5.321 | 0.005 | 0.002 | 0.009 |
| 2 | Quillo Sisa | <i>Vochysiasp</i> | 9 | 30.732 | 0.031 | 0.014 | 0.051 |
| | | | 13.5 | 85.723 | 0.086 | 0.039 | 0.141 |
| 3 | Quinilla | <i>Manilkara bidentata</i> | 16 | 131.757 | 0.132 | 0.059 | 0.217 |
| | | | 6 | 11.017 | 0.011 | 0.005 | 0.018 |
| | | | 3.5 | 2.817 | 0.003 | 0.001 | 0.005 |
| 6 | Rupifia | <i>Eugenia uniflora</i> | 9 | 30.732 | 0.031 | 0.014 | 0.051 |
| | | | 2.5 | 1.203 | 0.001 | 0.001 | 0.002 |
| | | | 3.5 | 2.817 | 0.003 | 0.001 | 0.005 |
| | | | 3.5 | 2.817 | 0.003 | 0.001 | 0.005 |
| | | | 6 | 11.017 | 0.011 | 0.005 | 0.018 |
| | | | 6.5 | 13.490 | 0.013 | 0.006 | 0.022 |
| 1 | Sacha Mandarina | <i>Citrus sp</i> | 7 | 16.272 | 0.016 | 0.007 | 0.027 |
| 3 | Shimbillo | <i>Inga thibaudiana</i> | 12 | 63.633 | 0.064 | 0.029 | 0.105 |
| | | | 3.5 | 2.817 | 0.003 | 0.001 | 0.005 |
| | | | 4.5 | 5.321 | 0.005 | 0.002 | 0.009 |
| 5 | Unshoquiro | <i>Jacaranda copaia</i> | 13.5 | 85.723 | 0.086 | 0.039 | 0.141 |
| | | | 6 | 11.017 | 0.011 | 0.005 | 0.018 |
| | | | 22.5 | 312.157 | 0.312 | 0.140 | 0.515 |
| | | | 21 | 262.160 | 0.262 | 0.118 | 0.433 |
| | | | 18 | 177.497 | 0.177 | 0.080 | 0.293 |
| 43 | TOTAL | | | | 2.119 | 0.954 | 3.497 |

Fuente: Propia, 2011.

(Nombres Científicos de las especies por Malleux, 1982)

Interpretación:

La biomasa arbórea viva total en el Transecto N° 01 es de: 2.119 Ton., el contenido de carbono es de 0.954 ton. y el contenido de CO₂ es de 3.497ton respectivamente.

Cuadro N° 03: Carbono en árboles vivos, Transecto N°02

| N° A | Nombre Común | Nombre Científico | DAP (cm) | Biomasa arbórea (kg) | Biomasa arbórea (tn) | Carbono (tn) | CO ₂ (Tn) |
|------|-----------------|-------------------------------|----------|----------------------|----------------------|--------------|----------------------|
| 1 | Acero Shimbillo | <i>NN.II</i> | 10.00 | 40.119 | 0.040 | 0.018 | 0.066 |
| 3 | Azarquiro | <i>Pentagonia magnifica</i> | 6.00 | 11.017 | 0.011 | 0.005 | 0.018 |
| | | | 8.00 | 22.812 | 0.023 | 0.010 | 0.038 |
| | | | 8.00 | 22.812 | 0.023 | 0.010 | 0.038 |
| 2 | Calceta | <i>Miconia asperrima</i> | 5.00 | 6.946 | 0.007 | 0.003 | 0.011 |
| | | | 6.00 | 11.017 | 0.011 | 0.005 | 0.018 |
| 2 | Caraña | <i>Trattinickia peruviana</i> | 4.00 | 3.950 | 0.004 | 0.002 | 0.007 |
| | | | 10.00 | 40.119 | 0.040 | 0.018 | 0.066 |
| 1 | Cebolla Mochhua | <i>Virola surinamensis</i> | 7.00 | 16.272 | 0.016 | 0.007 | 0.027 |
| 2 | Cumala | <i>Virola sp</i> | 8.00 | 22.812 | 0.023 | 0.010 | 0.038 |
| | | | 5.50 | 8.840 | 0.009 | 0.004 | 0.015 |

| | | | | | | | |
|----|-----------------|-------------------------------|-------|---------|--------------|--------------|--------------|
| 1 | Curhuinsi Sacha | <i>NN.II</i> | 5.00 | 6.946 | 0.007 | 0.003 | 0.011 |
| 1 | Moena | <i>Aniba sp</i> | 4.00 | 3.950 | 0.004 | 0.002 | 0.007 |
| 2 | Mullaca | <i>Clidemia eterophyta</i> | 9.00 | 30.732 | 0.031 | 0.014 | 0.051 |
| | | | 7.50 | 19.376 | 0.019 | 0.009 | 0.032 |
| 1 | Pichirina | <i>Vismia angusta</i> | 4.00 | 3.950 | 0.004 | 0.002 | 0.007 |
| 3 | Quinilla | <i>Manilkara bidentata</i> | 10.00 | 40.119 | 0.040 | 0.018 | 0.066 |
| | | | 12.00 | 63.633 | 0.064 | 0.029 | 0.105 |
| | | | 7.00 | 16.272 | 0.016 | 0.007 | 0.027 |
| 2 | Rupifa | <i>Eugenia uniflora</i> | 7.00 | 16.272 | 0.016 | 0.007 | 0.027 |
| | | | 5.00 | 6.946 | 0.007 | 0.003 | 0.011 |
| 1 | Shimbillo | <i>Inga thibaudiana</i> | 10.00 | 40.119 | 0.040 | 0.018 | 0.066 |
| 2 | Tulloquio | <i>NN.II</i> | 7.00 | 16.272 | 0.016 | 0.007 | 0.027 |
| | | | 14.00 | 93.984 | 0.094 | 0.042 | 0.155 |
| 1 | Urcu Moena | <i>Ocoteasp.</i> | 16.00 | 131.757 | 0.132 | 0.059 | 0.217 |
| 1 | Yana Ocuera | <i>Aparisthatios cordafun</i> | 5.00 | 6.946 | 0.007 | 0.003 | 0.011 |
| 26 | TOTAL | | | | 0.704 | 0.317 | 1.162 |

Fuente: Propia, 2011.

(Nombres Científicos de las especies por Malleux, 1982)

Interpretación:

La biomasa arbórea viva total en el Transecto N° 02 es de: 0.704 Ton., el contenido de carbono es de 0.317 ton. y el contenido de CO₂ es de 1.162 ton. respectivamente.

Cuadro N° 04: Carbono en árboles vivos, Transecto N°03

| N° A | Nombre Común | Nombre Científico | DAP (cm) | Biomasa arbórea (kg) | Biomasa arbórea (tn) | C (tn) | CO ₂ (Tn) |
|------|-----------------|--------------------------------|----------|----------------------|----------------------|--------|----------------------|
| 1 | Cedro Blanco | <i>Cedrela angustifolia</i> | 28.00 | 542.827 | 0.543 | 0.244 | 0.896 |
| 1 | Cumala | <i>Virola sp</i> | 11.00 | 51.059 | 0.051 | 0.023 | 0.084 |
| 1 | Curhuinsi Sacha | <i>NN.II</i> | 10.00 | 40.119 | 0.040 | 0.018 | 0.066 |
| 1 | Ingaina | <i>Myrsine sp</i> | 6.00 | 11.017 | 0.011 | 0.005 | 0.018 |
| 1 | Lagarto Caspi | <i>Calophyllum brasiliense</i> | 15.00 | 111.908 | 0.112 | 0.050 | 0.185 |
| 1 | Leche Caspi | <i>Coumama crocarpa</i> | 16.50 | 142.425 | 0.142 | 0.064 | 0.235 |
| 1 | Mashona | <i>Claricia racemosa</i> | 13.00 | 77.916 | 0.078 | 0.035 | 0.129 |
| 1 | Moena | <i>Aniba sp</i> | 7.00 | 16.272 | 0.016 | 0.007 | 0.027 |
| 1 | Mullaca | <i>Clidemia eterophyta</i> | 24.50 | 387.206 | 0.387 | 0.174 | 0.639 |
| 3 | Quinilla | <i>Manilkara bidentata</i> | 19.00 | 203.516 | 0.204 | 0.092 | 0.336 |
| | | | 31.00 | 702.258 | 0.702 | 0.316 | 1.159 |

| | | | | | | | |
|----|--------------------|-------------------------|-------|---------|--------------|--------------|--------------|
| | | | 9.00 | 30.732 | 0.031 | 0.014 | 0.051 |
| 1 | Rupiña | <i>Eugenia uniflora</i> | 20.00 | 231.717 | 0.232 | 0.104 | 0.382 |
| 1 | Sacha Mandarina | <i>Citrus sp</i> | 6.00 | 11.017 | 0.011 | 0.005 | 0.018 |
| 3 | Shimbillo | <i>Inga thibaudiana</i> | 24.00 | 367.524 | 0.368 | 0.165 | 0.606 |
| | | | 22.00 | 294.904 | 0.295 | 0.133 | 0.487 |
| | | | 6.50 | 13.490 | 0.013 | 0.006 | 0.022 |
| 1 | Unshoqui | <i>Jacaranda copaia</i> | 21.00 | 262.160 | 0.262 | 0.118 | 0.433 |
| 1 | Yacu Shimbillo | <i>Hirtella bullata</i> | 4.00 | 3.950 | 0.004 | 0.002 | 0.007 |
| 19 | <i>u</i> | TOTAL | | | 3.502 | 1.576 | 5.779 |

e

nte: Propia, 2011.

(Nombres Científicos de las especies por Malleux, 1982)

Interpretación:

La biomasa arbórea viva total en el Transecto N° 03 es de 3.502 Ton., el contenido de carbono es de 1.576 ton. y el contenido de CO₂ es de 5.779 Ton. respectivamente.

Cuadro N° 05: Carbono en árboles vivos, Transecto N°04

| N° A | Nombre Común | Nombre Científico | DAP (cm) | Biomasa arbórea (kg) | Biomasa arbórea (tn) | C (tn) | CO ₂ (Tn) |
|------|-----------------|-----------------------------|----------|----------------------|----------------------|--------|----------------------|
| 2 | Azarqui | <i>Pentagonia magnifica</i> | 17.00 | 153.599 | 0.154 | 0.069 | 0.253 |
| | | | 18.00 | 177.497 | 0.177 | 0.080 | 0.293 |
| 1 | Calceta | <i>Miconia asperrima</i> | 5.00 | 6.946 | 0.007 | 0.003 | 0.011 |
| 1 | Cumala | <i>Virola sp</i> | 19.00 | 203.516 | 0.204 | 0.092 | 0.336 |
| 1 | Curhuinsi Sacha | <i>NN.II</i> | 4.00 | 3.950 | 0.004 | 0.002 | 0.007 |
| 1 | Ingaina | <i>Myrsine sp</i> | 8.00 | 22.812 | 0.023 | 0.010 | 0.038 |
| 1 | Leche Caspi | <i>Coumama crocarpa</i> | 23.00 | 330.007 | 0.330 | 0.149 | 0.545 |
| 1 | Mashona | <i>Claricia racemosa</i> | 7.50 | 19.376 | 0.019 | 0.009 | 0.032 |
| 1 | MoteloCaspi | <i>Duquerttia tessmanii</i> | 5.00 | 6.946 | 0.007 | 0.003 | 0.011 |
| 3 | Mullaca | <i>Clidemia eterophyta</i> | 9.00 | 30.732 | 0.031 | 0.014 | 0.051 |
| | | | 5.00 | 6.946 | 0.007 | 0.003 | 0.011 |
| | | | 4.00 | 3.950 | 0.004 | 0.002 | 0.007 |
| 1 | Palo Ana | <i>NN.II</i> | 39.00 | 1255.293 | 1.255 | 0.565 | 2.071 |
| 2 | Quinilla | <i>Manilkara bidentata</i> | 11.50 | 57.137 | 0.057 | 0.026 | 0.094 |
| | | | 4.00 | 3.950 | 0.004 | 0.002 | 0.007 |
| 10 | Rupiña | <i>Eugenia uniflora</i> | 7.00 | 16.272 | 0.016 | 0.007 | 0.027 |
| | | | 4.00 | 3.950 | 0.004 | 0.002 | 0.007 |
| | | | 7.00 | 16.272 | 0.016 | 0.007 | 0.027 |
| | | | 6.00 | 11.017 | 0.011 | 0.005 | 0.018 |
| | | | 6.00 | 11.017 | 0.011 | 0.005 | 0.018 |

| | | | | | | | |
|-----------|--------------|--|-------|---------|--------------|--------------|--------------|
| | | | 26.00 | 450.023 | 0.450 | 0.203 | 0.743 |
| | | | 22.00 | 294.904 | 0.295 | 0.133 | 0.487 |
| | | | 9.00 | 30.732 | 0.031 | 0.014 | 0.051 |
| | | | 20.00 | 231.717 | 0.232 | 0.104 | 0.382 |
| | | | 16.00 | 131.757 | 0.132 | 0.059 | 0.217 |
| 25 | TOTAL | | | | 3.480 | 1.566 | 5.743 |

Fuente. Propia, 2011.

(Nombres Científicos de las especies por Malleux, 1982)

Interpretación:

La biomasa arbórea viva total en el Transecto N° 04 es de: 3.480 Ton., el contenido de carbono es de 1.566 Ton. y el contenido de CO₂ es de 5.743 Ton. respectivamente.

Cuadro N° 06: Resumen de Carbono

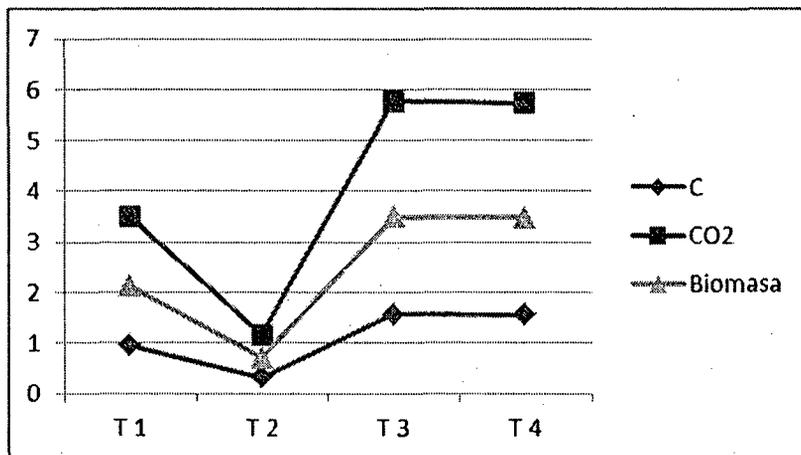
| N°de T | Biomasa arbórea (tn) | C (tn) | CO ₂ (Tn) |
|--------------|----------------------|--------------|----------------------|
| 1 | 2.119 | 0.954 | 3.497 |
| 2 | 0.704 | 0.317 | 1.162 |
| 3 | 3.502 | 1.576 | 5.779 |
| 4 | 3.480 | 1.566 | 5.743 |
| TOTAL | 9.805 | 4.413 | 16.181 |

Fuente: Propia, 2011.

Interpretación:

La biomasa total de árboles vivos de los Transectos: 1, 2, 3 y 4 es de: 9.805 Ton/Ha, el contenido de carbono es de 4.413 Ton/Ha y el contenido de CO₂ es de 16.181 Ton/Ha respectivamente.

Gráfico N° 02: Carbono en los Transectos: 1, 2, 3 y 4.



Fuente: Propia, 2011.

Interpretación:

Observamos que de acuerdo a la cantidad de biomasa se incrementa el C y el CO₂; y que en los Transectos N°03 y N°04 los resultados son casi iguales. En el Transecto N°02, observamos que la biomasa es menor.

3.1.2 Determinación de Captura de Carbono en la biomasa de Hojarasca

- Para el cálculo del porcentaje de humedad se utilizó la siguiente fórmula citado por Arévalo:

$$CH = \frac{(PFM(gr) - PSM(gr))}{PSM (gr)} \times 100$$

Fuente: AREVALO, 2002.

- Para estimar esta biomasa en TM/ha, se utilizó la siguiente ecuación:

$$Bh (TM/ha) = ((PSM/PFM)*PFT)*0.04$$

Dónde:

- Bh** : Biomasa de la hojarasca, materia seca
- PSM** : Peso seco de la muestra colectada (g)
- PFM** : Peso fresco de la muestra colectada (g)
- PFT** : Peso total por metro cuadrado (g)
- 0.04** : Factor de conversión

Fuente: AREVALO, 2002.

Cuadro N° 07: Carbono en Biomasa de Hojarasca

| N° | PFT Peso Fresco Total (Kg/m ²) | PFM Peso Fresco de la Sub Muestra (Gr) | PSM Peso Seco de la Muestra (Gr) | Porcentaj e de Humedad (%) | Biomasa hojarasca Peso Seco (Ton/Ha) | C | CO ₂ |
|--------------|--|--|---|-------------------------------------|---|--------------|-----------------|
| 1 | 1.150 | 248.50 | 194.48 | 27.78 | 0.036 | 0.016 | 0.059 |
| 2 | 0.800 | 250.90 | 172.49 | 45.45 | 0.022 | 0.010 | 0.036 |
| 3 | 1.100 | 251.30 | 205.61 | 22.22 | 0.036 | 0.016 | 0.059 |
| 4 | 0.550 | 152.40 | 96.98 | 57.14 | 0.014 | 0.006 | 0.023 |
| 5 | 0.650 | 151.30 | 104.75 | 44.44 | 0.018 | 0.008 | 0.030 |
| 6 | 0.500 | 145.80 | 102.06 | 42.86 | 0.014 | 0.006 | 0.023 |
| 7 | 1.100 | 248.90 | 158.39 | 57.14 | 0.028 | 0.013 | 0.046 |
| 8 | 0.900 | 180.40 | 90.20 | 100.00 | 0.018 | 0.008 | 0.030 |
| 9 | 1.100 | 238.40 | 156.04 | 52.78 | 0.029 | 0.013 | 0.048 |
| 10 | 1.250 | 249.80 | 159.87 | 56.25 | 0.032 | 0.014 | 0.053 |
| 11 | 0.950 | 220.30 | 115.95 | 90.00 | 0.020 | 0.009 | 0.033 |
| 12 | 1.250 | 248.60 | 188.94 | 31.58 | 0.038 | 0.017 | 0.063 |
| 13 | 1.550 | 251.20 | 145.86 | 72.22 | 0.036 | 0.016 | 0.059 |
| 14 | 0.850 | 178.80 | 105.18 | 70.00 | 0.020 | 0.009 | 0.033 |
| 15 | 0.750 | 152.20 | 71.03 | 114.29 | 0.014 | 0.006 | 0.023 |
| 16 | 0.900 | 180.20 | 110.12 | 63.64 | 0.022 | 0.010 | 0.036 |
| TOTAL | | | | | 0.397 | 0.179 | 0.655 |

Fuente: Propia, 2011.

Interpretación:

Para determinar el Peso Seco de la Muestra (Gr) se sometió en una estufa del ICT (Instituto de Cultivos Tropicales) de 75°C a 90°C por 24 horas hasta hallar los resultados constantes.

3.1.3 Determinación de Captura de Carbono en la biomasa de Árboles muertos en pie y raíces

• **Determinación de Captura de Carbono en la biomasa de Árboles muertos en pie**

La metodología que se empleó para la evaluación de biomasa de árboles muertos en pie fue la recomendada por el Centro Internacional de Investigación en Agroforestería (ICRAF) (AREVALO *et al* 2002)

$$BA = 0.1184 DAP^{2.53}$$

Dónde:

BA : Biomasa de árboles

0.1184 : Constante

DAP : Diámetro a la altura del pecho (1.30 cm.)

2.53 : Constante

Fuente: AREVALO, 2002.

Cuadro N° 08: Carbono en árboles muertos en pie.

| Nº A | Nombre Común | Nombre Científico | DAP (cm) | Biomasa arbórea (kg/árbol) | Biomasa arbórea (Ton/Ha) | C (Ton/Ha) | CO ₂ (Ton/Ha) |
|-----------|-----------------|-----------------------------|----------|----------------------------|--------------------------|--------------|--------------------------|
| 2 | Azarquiuro | <i>Pentagonia magnifica</i> | 6 | 11.017 | 0.011 | 0.005 | 0.018 |
| | | | 8 | 22.812 | 0.023 | 0.010 | 0.038 |
| 2 | Calceta | <i>Miconia asperrima</i> | 5 | 6.946 | 0.007 | 0.003 | 0.012 |
| | | | 4 | 3.950 | 0.004 | 0.002 | 0.007 |
| 1 | Curhuinsi Sacha | <i>NN.II</i> | 5 | 6.946 | 0.007 | 0.003 | 0.012 |
| 3 | Mullaca | <i>Clidemia eterophyta</i> | 4.50 | 5.321 | 0.005 | 0.002 | 0.008 |
| | | | 8.50 | 26.594 | 0.027 | 0.012 | 0.045 |
| | | | 4 | 3.950 | 0.004 | 0.002 | 0.007 |
| 4 | Rupiña | <i>Eugenia uniflora</i> | 7 | 16.272 | 0.016 | 0.007 | 0.026 |
| | | | 5 | 6.946 | 0.007 | 0.003 | 0.012 |
| | | | 5 | 6.946 | 0.007 | 0.003 | 0.012 |
| | | | 9 | 30.732 | 0.031 | 0.014 | 0.051 |
| 1 | Shimbillo | <i>Inga thibaudiana</i> | 3.50 | 2.817 | 0.003 | 0.001 | 0.005 |
| 1 | Tulluquiuro | <i>NN.II</i> | 7 | 16.272 | 0.016 | 0.007 | 0.026 |
| 14 | TOTAL | | | | 0.168 | 0.076 | 0.277 |

Fuente: Propia, 2011.

Interpretación:

En el cuadro se puede apreciar que sólo se encontró 14 árboles muertos en pie en toda la ha. Y que la biomasa arbórea total es de 0.168 Ton., el contenido de carbono de 0.076Ton., y contenido de CO₂ es de 0.277.

- **Determinación de Captura de Carbono en la biomasa de raíces**

La biomasa bajo el suelo se refiere a la biomasa de raíces. Esto se estimará empleando la ecuación elaborada por CAIRNS *et. al.* 1997, citada por el Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza, CATIE (2003) y recomendada para suelos tropicales:

$$\text{Braíces} = \exp [-1.0587 + 0.8836 * \ln (\text{BAT})]$$

Dónde:

Braíces: biomasa de raíces (t ha-1)

Ln : logaritmo natural;

Exp : potencia base e;

BAT : biomasa aérea total en (t ha-1).

Cuadro N° 09: Carbono en raíces de árboles vivos,

Transecto N° 01

| N° A | Nombre Común | Nombre Científico | Biomasa arbórea (tn) | Biomasa de raíces (tn) | C (tn) | CO ₂ (Tn) |
|------|------------------|------------------------------|----------------------|------------------------|--------------|----------------------|
| 6 | Calceta | <i>Miconia asperrima</i> | 0.045 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | | | 0.142 | 0.002 | 0.001 | 0.003 |
| | | | 0.002 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | | | 0.002 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | | | 0.003 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1 | Cebolla Mochahua | <i>Virola surinamensis</i> | 0.190 | 0.003 | 0.001 | 0.005 |
| 2 | Curhuinsi Sacha | NN.II | 0.031 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | | | 0.023 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1 | Fierro Caspi | <i>Minquartia guianensis</i> | 0.004 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1 | Ingaina | <i>Myrsine sp</i> | 0.009 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 5 | Mashona | <i>Claricia racemosa</i> | 0.004 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | | | 0.190 | 0.003 | 0.001 | 0.005 |
| | | | 0.003 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | | | 0.002 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | | | 0.002 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 2 | Moena | <i>Aniba sp</i> | 0.132 | 0.001 | 0.001 | 0.002 |
| | | | 0.019 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1 | Mojarra Caspi | <i>Alchornea sp</i> | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1 | Motelo Caspi | <i>Duquertia tessmanii</i> | 0.007 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 3 | Mullaca | <i>Clidemia eterophyta</i> | 0.013 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | | | 0.027 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | | | 0.005 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 2 | Quillo Sisa | <i>Vochysia sp</i> | 0.031 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | | | 0.086 | 0.001 | 0.000 | 0.001 |
| 3 | Quinilla | <i>Manilkara bidentata</i> | 0.132 | 0.001 | 0.001 | 0.002 |
| | | | 0.011 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | | | 0.003 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 6 | Rupíña | <i>Eugenia uniflora</i> | 0.031 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | | | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | | | 0.003 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | | | 0.003 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | | | 0.011 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1 | Sacha Mandarina | <i>Citrus sp</i> | 0.016 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 3 | Shimbillo | <i>Inga thibaudiana</i> | 0.064 | 0.000 | 0.000 | 0.001 |
| | | | 0.003 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | | | 0.005 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 5 | Unshoquiro | <i>Jacaranda copaia</i> | 0.086 | 0.001 | 0.000 | 0.001 |
| | | | 0.011 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | | | 0.312 | 0.008 | 0.004 | 0.013 |
| | | | 0.262 | 0.006 | 0.003 | 0.009 |
| | | | 0.177 | 0.003 | 0.001 | 0.004 |
| 43 | TOTAL | | 0.029 | 0.013 | 0.013 | 0.048 |

Fuente: Propia, 2011.

Interpretación:

La biomasa total de raíz en el Transecto N° 01 es de: 0.029 Ton., el contenido de carbono es de 0.013Ton. y el contenido de CO₂ es de 0.048Ton. respectivamente.

Cuadro N° 10: Carbono en raíces de árboles vivos, Transecto N° 02

| N° A | Nombre Común | Nombre Científico | Biomasa arbórea (tn) | Biomasa de raíces (tn) | C (tn) | CO ₂ (Tn) |
|------|-----------------|-------------------------------|----------------------|------------------------|--------------|----------------------|
| 1 | Acero Shimbillo | <i>NN.II</i> | 0.040 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 3 | Azarquiro | <i>Pentagonia magnifica</i> | 0.011 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | | | 0.023 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | | | 0.023 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 2 | Calceta | <i>Miconia asperrima</i> | 0.007 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | | | 0.011 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 2 | Caraña | <i>Trattinickia peruviana</i> | 0.004 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | | | 0.040 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1 | Cebolla Mocahua | <i>Virola surinamensis</i> | 0.016 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 2 | Cumala | <i>Virola sp</i> | 0.023 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | | | 0.009 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1 | Curhuinsi Sacha | <i>NN.II</i> | 0.007 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1 | Moena | <i>Aniba sp</i> | 0.004 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 2 | Mullaca | <i>Clidemia eterophyta</i> | 0.031 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | | | 0.019 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1 | Pichirina | <i>Vismia angusta</i> | 0.004 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 3 | Quinilla | <i>Manilkara bidentata</i> | 0.040 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | | | 0.064 | 0.000 | 0.000 | 0.001 |
| | | | 0.016 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 2 | Rupiña | <i>Eugenia uniflora</i> | 0.016 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | | | 0.007 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1 | Shimbillo | <i>Inga thibaudiana</i> | 0.040 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 2 | Tulloquiro | <i>NN.II</i> | 0.016 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | | | 0.094 | 0.001 | 0.000 | 0.001 |
| 1 | UrcuMoena | <i>Ocoteasp.</i> | 0.132 | 0.001 | 0.001 | 0.002 |
| 1 | Yana Ocuera | <i>Aparisthatios cordafun</i> | 0.007 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 26 | TOTAL | | | 0.003 | 0.001 | 0.005 |

Fuente: Propia, 2011.

Interpretación:

La biomasa total de raíz en el Transecto N° 02 es de: 0.003Ton., el contenido de carbono es de 0.001Ton. y el contenido de CO₂ es de 0.005Ton. respectivamente.

Cuadro N° 11: Carbono en raíces de árboles vivos, Transecto N° 03

| N° A | Nombre Común | Nombre Científico | Biomasa arbórea (tn) | Biomasa de raíces (tn) | C (tn) | CO ₂ (Tn) |
|------|-----------------|--------------------------------|----------------------|------------------------|--------------|----------------------|
| 1 | Cedro Blanco | <i>Cedrela angustifolia</i> | 0.543 | 0.025 | 0.011 | 0.042 |
| 1 | Cumala | <i>Virola sp</i> | 0.051 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1 | Curhuinsi Sacha | <i>NN.II</i> | 0.040 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1 | Ingaina | <i>Myrsine sp</i> | 0.011 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1 | Lagarto Caspi | <i>Calophyllum brasiliense</i> | 0.112 | 0.001 | 0.000 | 0.002 |
| 1 | Leche Caspi | <i>Coumama crocarpa</i> | 0.142 | 0.002 | 0.001 | 0.003 |
| 1 | Mashona | <i>Claricia racemosa</i> | 0.078 | 0.000 | 0.000 | 0.001 |
| 1 | Moena | <i>Aniba sp</i> | 0.016 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1 | Mullaca | <i>Clidemia eterophyta</i> | 0.387 | 0.013 | 0.006 | 0.021 |
| 3 | Quinilla | <i>Manilkara bidentata</i> | 0.204 | 0.003 | 0.002 | 0.006 |
| | | | 0.702 | 0.043 | 0.019 | 0.070 |
| | | | 0.031 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1 | Rupifa | <i>Eugenia uniflora</i> | 0.232 | 0.004 | 0.002 | 0.007 |
| 1 | Sacha Mandarina | <i>Citrus sp</i> | 0.011 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 3 | Shimbillo | <i>Inga thibaudiana</i> | 0.368 | 0.011 | 0.005 | 0.019 |
| | | | 0.295 | 0.007 | 0.003 | 0.012 |
| | | | 0.013 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1 | Unshoquiro | <i>Jacaranda copaia</i> | 0.262 | 0.006 | 0.003 | 0.009 |
| 1 | Yacu Shimbillo | <i>Hirtella bullata</i> | 0.004 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 19 | TOTAL | | | 0.116 | 0.052 | 0.192 |

Fuente: Propia, 2011.

(Nombres Científicos de las especies por Malleux, 1982)

Interpretación:

La biomasa total de raíz en el Transecto N°03 es de: 0.116Ton., el contenido de carbono es de 0.052Ton. y el contenido de CO₂ es de 0.192Ton. respectivamente.

Cuadro N° 12: Carbono en raíces de árboles vivos,
Transecto N° 04

| N° A | Nombre Común | Nombre Científico | Biomasa arbórea (Ton/Ha) | Biomasa de raíces (Ton/Ha) | Carbono total (Ton/Ha) | CO ₂ (Ton/Ha) |
|-----------|-----------------|-----------------------------|--------------------------|----------------------------|------------------------|--------------------------|
| 2 | Azarquiroy | <i>Pentagonia magnifica</i> | 0.154 | 0.002 | 0.001 | 0.003 |
| | | | 0.177 | 0.003 | 0.001 | 0.004 |
| 1 | Calceta | <i>Miconia asperrima</i> | 0.007 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1 | Cumala | <i>Virola sp</i> | 0.204 | 0.003 | 0.002 | 0.006 |
| 1 | Curhuinsi Sacha | <i>NN.II</i> | 0.004 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1 | Ingaina | <i>Myrsine sp</i> | 0.023 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1 | Leche Caspi | <i>Coumama crocarpa</i> | 0.330 | 0.009 | 0.004 | 0.015 |
| 1 | Mashona | <i>Claricia racemosa</i> | 0.019 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1 | Motelo Caspi | <i>Duquerttia tessmanii</i> | 0.007 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 3 | Mullaca | <i>Clidemia eterophyta</i> | 0.031 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | | | 0.007 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | | | 0.004 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1 | Palo Ana | <i>NN.II</i> | 1.255 | 0.139 | 0.062 | 0.229 |
| 2 | Quinilla | <i>Manilkara bidentata</i> | 0.057 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | | | 0.004 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | Rupifa | <i>Eugenia uniflora</i> | 0.016 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | | | 0.004 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | | | 0.016 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | | | 0.011 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | | | 0.011 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | | | 0.450 | 0.017 | 0.008 | 0.028 |
| | | | 0.295 | 0.007 | 0.003 | 0.012 |
| | | | 0.031 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | | | 0.232 | 0.004 | 0.002 | 0.007 |
| 0.132 | 0.001 | 0.001 | 0.002 | | | |
| 25 | TOTAL | | 0.187 | 0.084 | 0.308 | |

Fuente: Propia, 2011.

(Nombres Científicos de las especies por Malleux, 1982)

Interpretación:

La biomasa total de raíz en el Transecto N° 04 es de: 0.187 Ton/Ha, el contenido de carbono es de 0.084 Ton/Ha y el contenido de CO₂ es de 0.308 Ton/Ha respectivamente.

Cuadro N° 13: Resumen de Carbono en raíces de árboles vivos

| N° T | Biomasa de raíces (Ton/Ha) | C (Ton/Ha) | CO ₂ (Ton/Ha) |
|--------------|----------------------------|--------------|--------------------------|
| 1 | 0.029 | 0.013 | 0.048 |
| 2 | 0.003 | 0.001 | 0.005 |
| 3 | 0.116 | 0.052 | 0.192 |
| 4 | 0.187 | 0.084 | 0.308 |
| TOTAL | 0.335 | 0.150 | 0.553 |

Fuente: Propia, 2011.

Interpretación:

La biomasa total de raíces es de **0.335** Ton/Ha, el Potencial de Captura de Carbono es de **0.150** Ton/Ha y el contenido de CO₂ es de **0.553** Ton/Ha respectivamente.

Cuadro N° 14: Resultados Totales del Carbono Capturado

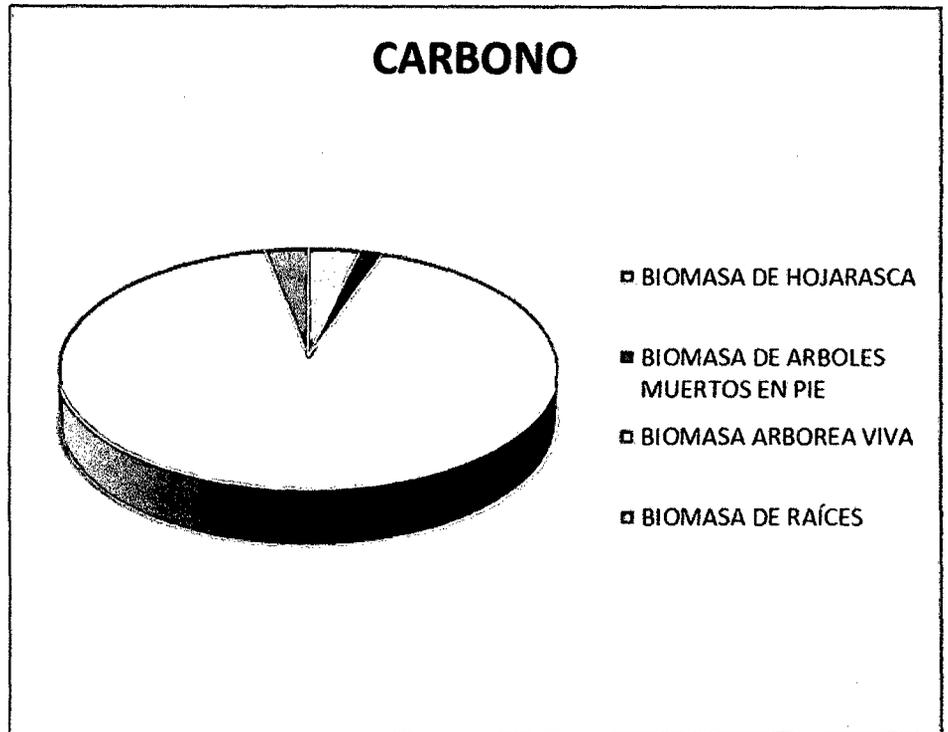
| MATERIA DE ESTUDIO | Biomasa (Tn/Ha) | C (Tn/Ha) | CO ₂ (Tn/Ha) |
|------------------------|-----------------|--------------|-------------------------|
| ARBOLES VIVOS | 9.805 | 4.413 | 16.181 |
| HOJARASCA | 0.397 | 0.179 | 0.655 |
| ARBOLES MUERTOS EN PIE | 0.168 | 0.076 | 0.277 |
| RAICES | 0.335 | 0.150 | 0.553 |
| TOTAL | 10.705 | 4.818 | 17.666 |

Fuente: Propia, 2011.

Interpretación:

La biomasa total en el área de estudio es de **10.705** Ton/Ha, el Potencial de Captura de Carbono es de **4.818** Ton/Ha y el contenido de CO₂ es de **17.666** Ton/Ha. respectivamente.

Gráfico N° 03: Carbono en el área de estudio (1 ha.)



Fuente: Propia, 2011.

Interpretación:

Observamos que la biomasa arborea viva es la que mayor capacidad de captura de carbono posee. Y que la biomasa de la hojarasca y raíces tienen una biomasa aproximadamente similar.

3.2 DISCUSIONES

- Al tomar el DAP (1.30 m.) recomendada por el ICRAF (Arévalo *et al* 2003), se dificultó las medidas en campo debido al terreno accidentado. Los resultados en el Transecto N°01 a 996 m.s.n.m. con 43 árboles es 2.119 Ton de biomasa con capacidad de captura de C 0.954 Ton y CO₂ de 3.497 Ton; Transecto N°02 a 890 m.s.n.m con 26 árboles es 3.502 Ton de biomasa, C de 1.576 Ton y CO₂ de 5.779 Ton; en el Transecto N°03 a 1067 m.s.n.m. con 19 árboles es 3.502 Ton de biomasa, C 1.576 Ton y CO₂ de 5.779 Ton y en el Transecto N°04 a 1086 m.s.n.m. con 25 árboles tenemos como biomasa a 3.480 Ton, C 1.566 Ton y CO₂ 5.743 Ton.

La biomasa Total de los árboles vivos en la hectárea en estudio es de 9.805 Ton/Ha; captura de C 4.413 Ton/Ha y CO₂ 16.181 Ton/Ha. Estos resultados nos llevan a afirmar que no influye la cantidad de árboles para obtener mayor biomasa y a suponer que influyen muchos factores para que este bosque genere biomasa pero entre ellos puede ser la especie a la que pertenece cada árbol y la altura en la que se encuentra.

- (Concha, *et al* 2007.) En el estudio Determinación de las Reservas de Carbono en la Biomasa Aérea de Sistemas Agroforestales de *Theobroma cacao l.* en el departamento de San Martín, Perú; muestra valores de la biomasa de la hojarasca que fluctuaron de 4.00 Ton/Ha en el sistema de Pachiza de 5 años y 9.97 Ton/Ha en el sistemas de Juanjui con 20 años.

A pesar que el bosque en estudio cuenta con especies maderables que brindan sombras permanentes que

favorecen de manera constante la presencia de hojarasca el cual se consideró en este trabajo a hojas, ramas, frutos y semillas; la cantidad de biomasa es 0.397 Ton/Ha; capacidad de captura de C 0.179 Ton/Ha y CO₂ 0.655 Ton/Ha.; siendo estos resultados muy bajos en comparación con el trabajo mencionado.

- Con respecto a los resultados de árboles muertos en pie los resultados son sumamente bajos; teniendo 0.168 Ton/Ha de biomasa, capacidad de captura de C 0.076 Ton/Ha y CO₂ 0.277 Ton/Ha. en toda la Ha en estudio sólo se encontró 14 árboles muertos en pie.

CAIRNS *et al* 1997; brinda los valores relacionados entre la raíz y el tallo para distintos lugares del mundo, entre 20% y 30% de biomasa radicular (raíz) con respecto a la biomasa aérea y recomienda la fórmula, citada por el Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza, CATIE (2003) **Braíces=exp [-1.0587 + 0.8836*ln (BAT)]**. En este trabajo los resultados de biomasa de árboles vivos de 9.805 Ton/Ha. que representa al 100% de biomasa aérea y la biomasa de la raíz a 0.335 Ton/Ha. que representa sólo al 3.42%.

3.3 CONCLUSIONES

- Concluimos que la ecuación que se empleó para la evaluación de biomasa de árboles vivos recomendada por el Centro Internacional de Investigación en Agroforestería (ICRAF) (Arévalo *et al* 2002) $BA = 0.1184 DAP^{2.53}$ tiene la ventaja de facilitar la evaluación de campo por ser de fácil acceso. Permitió ahorrar tiempo y costos al utilizar el método no destructivo para bosques con varias especies al utilizar como única variable independiente al DAP contribuyendo con la conservación del medio ambiente y de ese modo estimar la capacidad de captura de C de la cantidad de biomasa de árboles vivos que es 9.805 Ton/Ha que representa al 91.59% del resultado total.
- Se concluye también; que la biomasa de la hojarasca es 0.397 Ton/Ha en relación a la biomasa total de 10.705 Ton/Ha representa el 3.7% del total.
- Con respecto a los resultados de los árboles muertos en pie concluimos que el carbono capturado es menor a las demás materias en estudio; ya que en toda la ha. sólo se encontró 14 árboles que están en descomposición.

Con respecto a la biomasa de raíces concluimos que los resultados no llegan al 20% que brinda como referencia CAIRNS *et al* 1997. En este trabajo los resultados de biomasa de árboles vivos de 9.805 Ton/Ha. que representa al 100% de biomasa aérea y la biomasa de la raíz a 0.335 Ton/Ha. que representa sólo al 3.42%.

3.4 RECOMENDACIONES

- Lapeyre *et al* 2004. Afirma que el Perú actualmente cuenta con muy pocos estudios de cuantificación de carbono en la biomasa aérea, especialmente en sistemas agroforestales donde al combinar los cultivos o frutales con especies forestales incrementan sus niveles de captura de carbono, mejorando además su productividad.

Por cual, se recomienda continuar estimando la captura de carbono en el Centro de Investigación y Producción “Pabloyacu” en sus diferentes zonas y estratos utilizando diferentes metodologías con el fin de encontrar un resultado mas cercano a la realidad.

- (Ramírez *et al* 1994.) En las pocas experiencias de valoración del servicio ambiental de carbono se han utilizado varios precios de referencia. En el caso de Costa Rica, este ha negociado con el gobierno de Noruega, un precio de US\$ 10 por tonelada de carbono almacenada por un período de 20 años. Sin embargo, el precio de US\$ 20 por tonelada corresponde al promedio de los mejores estimados existentes del costo marginal social de la emisión de una tonelada de carbono a la atmósfera, debería ser el pago por sumidero permanente de carbono atmosférico.

Por esto se recomienda a la comunidad estudiantil de la UNSM hacer estudios relacionados con los bonos de carbono con el fin de incentivar a futuro en la certificación del servicio de captura de carbono.

- Se recomienda hacer un estudio sobre las especies arbóreas que se encuentran en el Centro de Investigación y Producción “Pabloyacu” que logran capturar mayor cantidad de carbono.

3.5 REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- 3.5.1 Arévalo, L., Alegre J., PALM, CH. 2003 Manual de las reservas totales de carbono en los diferentes sistemas de uso de la tierra en Perú. Publicación de STC _ CGIAR Ministerio de agricultura. Edición grafica Miguel Alvares A. Pucallpa, Perú. 24 pp.
- 3.5.2 Aguirre Mori, David Armando y Gutierrez Ruiz, Astrid Domy. 2009. Potenciaaal de Captura de Carbono de la Guadua spp. Por Estadios en el Bosque Local El Maronal de Atumplaya. Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto – Perú. 137p.
- 3.5.3 Barsev, R. 2002. Guía metodológica de valoración económica de bienes y servicios ambientales. Un aporte para gestión de ecosistemas y recursos naturales en el CBM (corredor biológico mesoamericano). 533p.
- 3.5.4 Belausteguigoitia J.C. y O.P.Soriano. 1996. Valuación económica del medio ambiente y de los recursos naturales.
- 3.5.5 Castellanos, J., J.M. Maass and J. Kummerow. 1991. Root biomass of a dry deciduous tropical forest in Mexico.
- 3.5.6 Constanza, R., R. Darge, R. Degroot, S.Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R.V.O'Neil, J. Paruelo, R.G. Raskin, P. Sutton, and M. Vandenbelt. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387: 253-260
- 3.5.7 Challenger, A. 1998. Utilización y utilización de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro. CONABIO- Instituto de Biología, UNAM- Sierra Madre, México.

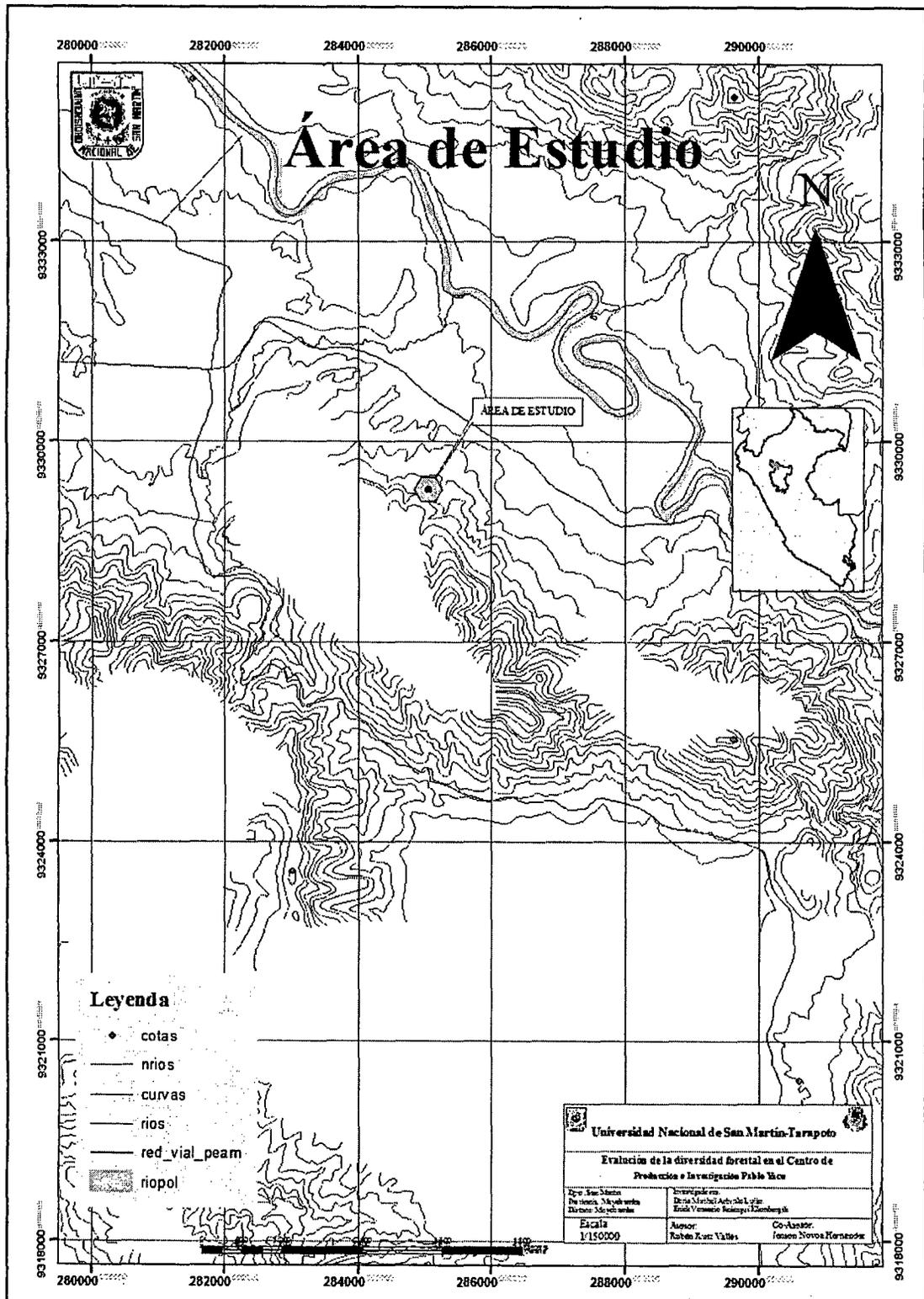
- 3.5.8 Christensen Jr., N. y J. Frankling. 1997. Ecosystem function and ecosystem management. En: R. D. Simpson y N. Christensen Jr. (editores). Ecosystem function and human activities: reconciling economías and ecology. International Thomson Publishing, New York, N.Y
- 3.5.9 Concha J., Alegre J. y Pocomucha V.. 2007. Determinación de las Reservas de Carbono en la Biomasa Aérea de Sistemas Agroforestales de *Theobroma cacao l.* en el departamento de San Martín, Perú. Departamento Académico de Biología, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú.
- 3.5.10 Daily, G.C 1997. Introduction: what are ecosystem services?. En: G. C Daily (editor). Nature's services. Societal dependence on natural ecosystem. Island Press. Washinton, D.C.
- 3.5.11 Dillon, M. O. 1993. Análisis Florístico del Bosque Montesecco (Cajamarca, Perú) e implicancias para su conservación.
- 3.5.12 Eguren, C.L. 2004. El mercado de carbono en América Latina y el Caribe: Balance y perspectivas CEPAL. División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos. Santiago de Chile.
- 3.5.13 Field, B. C. 1995. Economía ambiental: una introducción. McGraw-Hill Interamericano S.A. Colombia.
- 3.5.14 GEF-UNEP, 1999. Technical Advisory Panel of the Global Environment Facility United Nations Environment Program. Report of Biodiversity Conservation in Managed Forest. México

- 3.5.15 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 1994. The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press, Cambridge.
- 3.5.16 Lapeyre T., Alegre J. & Arévalo L. 2004. Determinación de las Reservas de Carbono de la Biomasa Aérea en diferentes sistemas de uso de tierra en San Martín, Perú. *Ecología Aplicada*. 3(1,2): 35-44.
- 3.5.17 Macdicken, K. 1997. A Guide to Monitoring Carbon Storage in Forestry Projects. Arlington, VA: Winrock International Institute for Agricultural Development.
- 3.5.18 Malleux O, J, 1982: Inventario Forestal de Bosques Tropicales. UNALM Lima. 35p.
- 3.5.19 Montoya, G., L. Soto, Ben de Jong, K. Nelson, P. Farias, Pajal Yakac Tic, J. Taylor y R. Tipper. 1995. Desarrollo Forestal Sustentable: Captura de Carbono en las Zonas Tzeltal y Tojolabal del Estado de Chiapas. Instituto Nacional de Ecología, Cuadernos de Trabajo 4. México, D.F.
- 3.5.20 Olguín, M. 2001. Incorporación de la captura de carbono como propuesta de manejo forestal integral: Estudio de caso en una comunidad de la Meseta Purépecha. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. 73pag.
- 3.5.21 Oliva, M. y F. García-Oliva. 1998. Un nuevo campo de acción en la química biológica: Parte Generalidades sobre el cambio global. Educación Química. UNAM. México.
- 3.5.22 Ordóñez, A. 1999. Estimación de la Captura de Carbono en un Estudio de Caso. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP. México DF.

- 3.5.23 Ortiz, R., et al. 1998 CO2 Mitigation service of Costa Rican secondary forests as economic alternative for joint implementation initiatives. En Ecology and management of tropical secondary forest science, people and policy. CATIE, CIFOR Turrialba, Costa Rica.
- 3.5.24 Pineda, Rosario. et al; 2005. Los cafetales y su papel en la captura de carbono: Un servicio ambiental aun no valorado en Veracruz Ma.
- 3.5.25 Quitarán Dávila, Gerald Felipe. 2008. Potencial Captura de Carbono de Cinco Especies Forestales Alianza – San Martín - Perú”. Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto – Perú.
- 3.5.26 Ramírez, 1994. Economía de los recursos ambientales y naturales. Alianza editorial, S. A. Madrid. 205p.
- 3.5.27 Romero, R, 2005. Métodos estadísticos de ingeniería-España, Universidad Politécnica de Valencia. 94p.
- 3.5.28 Salati, E. 1990. Los Posible Cambios Climáticos en America Latina y el Caribe y sus Consecuencias. Report # 90-7-1223, Naciones Unidas and Comisión Económica para America Latina y el Caribe-CEPAL. Santiago de Chile, 12-14 de Septiembre, 45 pp.
- 3.5.29 Scott, M.J., G.R. Bilyard, S.O.LINK, C.A. Ulibarri, H.E, Westerdahl, P.F.Ricci y H.E.
- 3.5.30 Toledo, A. 1988. Economía de la biodiversidad. Programa de las naciones unidas para el Medio Ambiente. Oficina regional para América Latina y el Caribe. Red de Formación Ambiental Para América Latinay el Caribe. Serie textos básicos para la formación ambiental No. 2. México D.F.14

ANEXOS

Anexo N° 01: Mapa de la ubicación del área del terreno



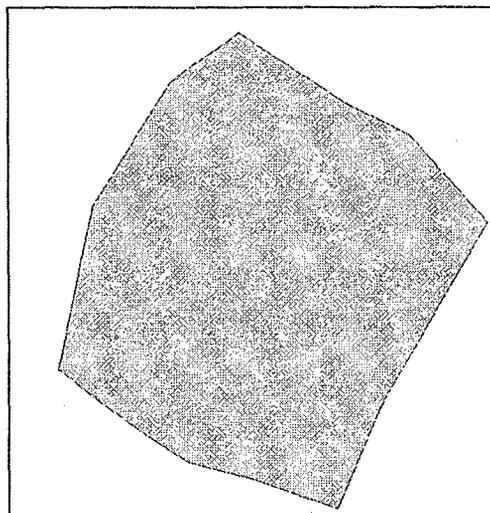
Fuente: Proyecto de Tesis "Evaluación de la Diversidad Forestal en el Centro de Producción e Investigación Pabloyacu"

Anexo N° 02: Coordenadas del Croquis del área de estudio

| COORDENADAS | |
|-------------|---------|
| X | Y |
| 285070 | 9329087 |
| 285043 | 9329113 |
| 285038 | 9329115 |
| 285030 | 9329101 |
| 285009 | 9329086 |
| 284972 | 9328993 |
| 285075 | 9328982 |
| 285084 | 9329068 |
| 284995 | 9328976 |
| 285030 | 9329101 |
| 285073 | 9329091 |
| 285013 | 9328964 |
| 285008 | 9329085 |
| 285035 | 9328958 |
| 284983 | 9329045 |
| 285064 | 9329078 |
| 285109 | 9329040 |
| 285061 | 9328949 |
| 284972 | 9328993 |
| 285039 | 9329112 |

Fuente: Propia 2011

Anexo N° 03: Croquis del área de estudio



Fuente: Propia 2011

Anexo N° 04: Reconocimiento del área de estudio



Anexo N° 05: Delimitación del área de estudio



Anexo N° 06: Medición del DAP



Anexo N° 07: Recojo de Hojarasca

