

**NO SALE A
DOMICILIO**



UNAP

**Facultad de
Ciencias Forestales**

**ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ECOLOGÍA DE
BOSQUES TROPICALES**

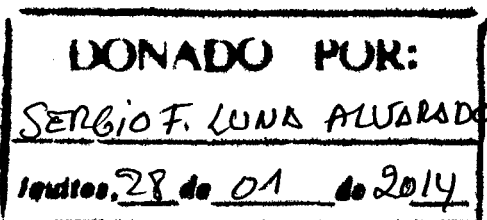
TESIS

**CONTENIDO DE CARBONO ALMACENADO EN LOS FUSTES DE NUEVE
ESPECIES COMERCIALES DE UN BOSQUE HÚMEDO TROPICAL DE COLINA
BAJA EN EL DISTRITO DEL YAVARI, LORETO, PERÚ.**

Tesis para optar el título de Ingeniero en Ecología de Bosques Tropicales

Autor

SERGIO FERNANDO LUNA ALVARADO



Iquitos - Perú



036

2013



ACTA DE SUSTENTACIÓN

DE TESIS Nº 494

Los miembros del Jurado que suscriben, reunidos para evaluar la sustentación de tesis presentado por el Bachiller **SERGIO FERNANDO LUNA ALVARADO** titulado: **"CONTENIDO DE CARBONO ALMACENADO EN LOS FUSTES DE NUEVE ESPECIES COMERCIALES DE UN BOSQUE HUMEDO TROPICAL DE COLINA BAJA EN EL DISTRITO DEL YAVARI, LORETO, PERU"**, formuladas las observaciones y analizadas las respuestas, lo declaramos: APROBADO

Con el calificativo de: BUENO

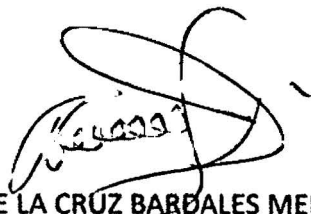
En consecuencia queda en condición de ser calificado: APTO

Y, recibir el Título de Ingeniero en Ecología de Bosques Tropicales.

Iquitos, 10 de setiembre del 2013


Ing. JORGE LUIS RODRIGUEZ GOMEZ, Dr.
Presidente


Ing. OLGUITA GRONERTH ESCUDERO, Mgr.
Miembro


Ing. JUAN DE LA CRUZ BARBALES MELENDEZ, M.Sc.
Miembro


Ing. RONALD BURGA ALVARADO, Dr.
Asesor

DEDICATORIA

*A mis queridos padres Max Luna
Rojas y Zully Alvarado Torres porque
me han educado con los valores y
virtudes y me han ayudado en todo
momento durante mis estudios y mi
carrera profesional*

*A mi abuelita Elena Rojas
Reátegui por su apoyo y
preocupación incondicional que
siempre me dio y sus sabios
consejos que siempre tiene para
mi.*

AGRADECIMIENTO

A Dios, por la vida y la salud que me brinda durante mi vida profesional y social.

A la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP) y a los profesores de la Facultad de Ingeniería Forestal, por haber contribuido en mi formación profesional.

A toda mi familia directa por todo el apoyo que me brindaron durante el tiempo de mi formación profesional y en el periodo de ejecución de mi trabajo de tesis.

INDICE

N°	Descripción	Pág.
	DEDICATORIA.....	i
	AGRADECIMIENTO.....	ii
	LISTA DE CUADROS.....	vi
	LISTA DE FIGURAS.....	vii
	RESUMEN.....	viii
I.	INTRODUCCION.....	1
II.	EL PROBLEMA.....	4
	2.1. Definición del problema.....	6
III.	HIPOTESIS.....	7
	3.1. Hipótesis general.....	7
	3.2. Hipótesis alterna.....	7
	3.3. Hipótesis nula.....	7
IV.	OBJETIVOS.....	8
	4.1. Objetivo general.....	8
	4.2. Objetivos específicos.....	8
V.	VARIABLES.....	9
	5.1. Variables, indicadores e índices.....	9
	5.2. Operacionalidad de las variables.....	9
VI.	MARCO TEORICO.....	10
	6.1. La neutralidad del carbono.....	10
	6.2. Las emisiones de CATIE.....	11
	6.3. El rol de los bosques en los cambios climáticos.....	11
	6.4. Emisiones debida a la deforestación.....	12
	6.5. La deforestación como daño ambiental puro.....	12
	6.6. Los bosques y el cambio climático global.....	13
	6.7. El efecto del incremento de la temperatura.....	13
	6.8. Biomasa.....	14
	6.9. Cambio climático.....	15
	6.10. Composición florística.....	16
	6.11. Distribución diamétrica.....	18

6.12. Volumen de madera.....	20
6.13 El efecto invernadero.....	21
6.14. Estimación de las emisiones por quema de la vegetación para.... la preparación del sitio.....	22
6.15. Carbono en los productos forestales.....	23
6.16. El vinculo entre el cambio climático, emisiones de GEI,..... agricultura y bosques.....	25
6.17 Servicios ambientales.....	26
6.18 Biomasa.....	26
6.19 Bosque.....	28
6.20 Ambiente.....	29
6.21 Inventario forestal.....	30
6.21 Inventario forestal.....	30
6.23 Distribución diamétrica.....	32
VII. MARCO CONCEPTUAL.....	34
VIII. MATERIALES Y METODO.....	37
8.1. Lugar de ejecución.....	37
8.2. Materiales y equipo.....	39
8.3. Método.....	39
8.3.1. Tipo y nivel de investigación.....	39
8.3.2. Población y muestra.....	39
8.3.3. Diseño estadístico.....	39
8.3.4. Análisis estadístico.....	39
8.3.5. Procedimiento.....	40
8.3.6. Registro de la composición florística.....	40
8.3.7. Determinación del número de árboles por clase diamétrica y especie.....	40
8.3.8. Determinación del volumen comercial por hectárea y por clase diamétrica.....	40
8.3.9. Estimación del contenido de carbono.....	41
8.3.11. Mapa de dispersión de las especies comerciales.....	42
8.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	42
8.5. Procesamiento de la información.....	43

IX.	RESULTADOS.....	44
	9.1. Caracterización del bosque húmedo tropical de colina baja.....	44
	9.2. Composición florística del bosque en estudio.....	44
	9.3. Distribución del número de individuos por clase diamétrica y por Especie.....	45
	9.4. Volumen de madera comercial por hectárea y por clase diamétrica	46
	9.5. Carbono almacenado en los fustes de las especies comerciales.....	47
	9.6. Mapa de dispersión de las especies comerciales del área de estudio.....	48
X.	DISCUSIÓN.....	50
	10.1. Composición florística del área de estudio.....	50
	10.2. Distribución del número de individuos por clase diamétrica.....	51
	10.3. Distribución del volumen de madera de las especies comerciales.	54
	10.4. Contenido de carbono almacenado en los fustes de las especies comerciales.....	55
XI.	CONCLUSIONES.....	59
XII.	RECOMENDACIONES.....	60
XIII.	BIBLIOGRAFIA.....	61
	ANEXO.....	69

LISTA DE CUADROS

N°	Descripción	Pág.
1.	Variables, indicadores e índices de estudio.....	9
2.	Operacionalidad de las variables.....	9
3.	Coordenadas del área de estudio.....	37
4.	Lista de las especies de valor comercial identificadas en el área de estudio para árboles con \geq a 40 cm de Dap	44
5.	Número de individuos por hectárea y por clase diamétrica para árboles con \geq a 40 cm de Dap.....	45
6.	Volumen de madera comercial por hectárea y por clase diamétrica....	46
7.	Contenido de carbono (ton) de madera por especie comercial para árboles con \geq a 40 cm de Dap.....	47
8.	Contenido de carbono (ton/ha) de madera por especie comercial para árboles con \geq a 40 cm de Dap	48

LISTA DE FIGURAS

N°	Descripción	Pág.
1.	Distribución del número de individuos/ha y por clase diamétrica	45
2.	Distribución del volumen/ha y por clase diamétrica	47
3.	Mapa de dispersión del bosque en estudio	49

RESUMEN

El estudio sobre contenido de carbono en los fustes de las especies comerciales de un bosque húmedo tropical de colina baja, se realizó en un área aproximada de 946 ha en el distrito del Yavari, Loreto, Perú, con el objetivo de registrar la composición florística, determinar el número de individuos por clase diamétrica, volumen, estimar el contenido de carbono y elaborar un mapa de dispersión. El inventario forestal se realizó a través de fajas de 100 m de ancho por diferentes tamaños de largo (unidad de muestreo), distribuidos sistemáticamente a nivel detallado sumando en total 56 unidades de muestreo.

Se registraron en total 9 especies forestales maderables de valor comercial, las cuales se agruparon en 8 familias botánicas. Se reporta en total 1,008 ind/ha. Las 9 especies muestran 8,216 m³/ha; de las cuales las cuatro especies con mayor volumen son: *Virola calophylla* "cumala" (1,463 m³/ha), *Cedreia odorata* "cedro" (1,462 m³/ha), *Chorisia integrifolia* "lupuna" (1,324 m³/ha) y *Cedrelinga cateniformis* "tornillo" (1,075 m³/ha), que juntas alcanzan el 64,08% del total. El contenido de carbono para el área de estudio asciende a 1743,76 tC, siendo las especies *Virola calophylla* "cumala" (339,07 tC), *Cedreia odorata* "cedro" (283,60 tC) y *Cedrelinga cateniformis* "tornillo" (244,17 tC) las que reportan mayor cantidad de carbono almacenado; mientras que por hectárea alcanzó 1,84 tC/ha, siendo la especie *Virola calophylla* "cumala" la que obtuvo el más alto valor con 0,36 tC/ha que representa el 19,57% del total.

Palabras claves: Carbono, fustes, volumen, dispersión.

I. INTRODUCCIÓN

El cambio climático es considerado una de las amenazas más serias para el medio ambiente global, que según se prevé tendrá un impacto negativo sobre la salud de los seres humanos, su seguridad alimenticia, la actividad económica, el agua y otros recursos naturales e infraestructura física. El clima global varía naturalmente, pero los científicos concuerdan en que las crecientes concentraciones de emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera de la Tierra están conduciendo a un cambio climático (Eguren, 2004).

Si bien la deforestación tiene gran contribución en las emisiones antrópicas de GEI, los ecosistemas forestales también intervienen en la lucha contra el cambio climático a través de la absorción de grandes cantidades de CO₂ gracias a la fotosíntesis. Esta situación se explica a la vez por el aumento de las superficies forestales en los países del hemisferio Norte, pero también por el aumento de las cantidades de carbono almacenadas en los bosques existentes tanto en el Norte como en el Sur. Así, a nivel mundial, los ecosistemas terrestres absorben cerca de 2,6 lligatoneladas de carbono equivalente por año (GtC-eq por año), o sea más que las emisiones relacionadas con la deforestación (1,6 GtC-eq por año). Por lo tanto, el balance "neto" del bosque es globalmente positivo en aproximadamente 1GtC-eq por año (Chenost *et al.*,2009).

Así, el rol de los bosques frente al clima es múltiple. (i) Cuando los bosques están en crecimiento (nuevas forestaciones, bosques jóvenes), retiran de la atmósfera cantidades importantes de CO₂ para almacenarlas en forma de cadenas carbonadas en el tronco, en las ramas, en las raíces de los árboles, o incluso en

el suelo y su lecho. (ii) Cuando los bosques están en equilibrio, mantienen este stock de carbono: el impacto sobre el cambio climático es relativamente neutro (bajas emisiones relacionadas con la mortalidad natural de ciertos individuos o bajas absorciones relacionadas con el crecimiento de los árboles). (iii) Cuando los bosques son deforestados y reemplazados por otros cultivos las cantidades de carbono almacenadas son liberadas hacia la atmósfera. Por último, (iv) los productos madereros pueden sustituir las energías fósiles o los materiales energéticos, evitando así emisiones de GEI cuando provienen de bosques manejados en forma sostenible (Chenost *et al.*, 2009).

Los productos maderables juegan un papel importante en la lucha contra el calentamiento climático. En primer lugar, aumentan la duración del almacenamiento del carbono que contienen los bosques. Una vez que el árbol es explotado, su contenido de carbono continúa almacenado en los productos, por más o menos tiempo en función (Chenost, *et al.*, 2009).

Dada la gravedad del deterioro medioambiental en el mundo y su consecuencia más significativa, el cambio climático global. Se hace necesario proteger los bosques, pues son determinantes para la vida en nuestro planeta; sin embargo, están siendo arrasados, desaparecen como producto de la tala indiscriminada de árboles (Perez, y Nuñez, 2010).

La evaluación de los bosques es muy importante para definir los planes de manejo que tienen la finalidad de conservar la biodiversidad que conforman los diferentes ecosistemas del bosque húmedo tropical y mejorar la calidad de vida del poblador amazónico, así como también para conservar la calidad del medio ambiente que es una necesidad en el planeta (Pérez, 2010).

Con el inventario forestal del bosque natural de colina baja del área de estudio se podrá estimar la cantidad de CO₂ que se almacena en los fustes de las especies de valor comercial y cuanto se emite a la atmosfera cuando se realiza la tala de los árboles, ya que dicha información es muy escasa en la amazonia. Con los resultados de la presente investigación se podrá recomendar el manejo de nuestros bosques con el propósito de mitigar el calentamiento global.

II. EL PROBLEMA

Liclan (2011), manifiesta que el aprovechamiento de los recursos forestales en nuestro país, con la tala y el comercio ilegal continúan a un paso vertiginoso razón por la cual disminuyen el potencial maderable de los bosques y en especial de las especies de alto valor comercial, el mismo que repercute en la reducción de los bienes y servicios que ellos brindan. En el Perú se deforestan aproximadamente alrededor de 150 000 ha/año, debido a la presión de la agricultura migratoria, las actividades ilegales y el desarrollo desordenado aplicado sobre el territorio (Defensoría del Pueblo, 2010).

En la actualidad la sociedad mundial afronta un problema crítico de carácter ambiental que de continuar bajo las mismas tendencias y de no resolverse con decisión política, las causas estructurales que la provocan amenaza con erosionar de forma definitiva la supervivencia, reproducción y desarrollo de los actuales ecosistemas naturales y con ello, la supervivencia misma del propio género humano (García, 2011).

En la actualidad la sociedad mundial afronta un problema crítico de carácter ambiental que de continuar bajo las mismas tendencias y de no resolverse con decisión política, las causas estructurales que la provocan amenaza con erosionar de forma definitiva la supervivencia, reproducción y desarrollo de los actuales ecosistemas naturales y con ello, la supervivencia misma del propio género humano (García, 2011).

Existe un consenso en la comunidad científica de que a partir de esta fecha se presenta una correlación casi directa entre la cantidad de dióxido de carbono emitida por la actividad económica humana y el aumento de la

temperatura media del planeta. Este aumento en la temperatura media conocido como calentamiento global, despertó interés por parte de la comunidad internacional y como consecuencia de este hecho comenzaron a formarse instituciones dedicadas a investigar y mitigar este fenómeno (IPCC, 2007).

En términos de balance neto, a diferencia de los proyectos de reducción de emisiones, los proyectos forestales de captura de carbono tienen la capacidad de remover el carbono emitido a la atmósfera, razón por la cual son atractivos para cumplir los objetivos de la naturalidad en carbono. Sin embargo, presentan el problema de la no permanencia del carbono, que consiste en el riesgo de que el carbono almacenado regrese a la atmósfera, cuando se corten o mueran los árboles plantados, de tal manera que el balance neutro obtenido se vuelva un déficit (Salinas y Hernández, 2008).

El cambio climático añade otro reto más al sistema alimentario mundial, un sistema que se espera alimente a una población en crecimiento que pasará de los 6,800 millones de hoy a 9,100 millones en el 2050. El manejo sostenible de los recursos naturales de la agricultura, la actividad forestal y la pesca es la única forma de hacer frente a este reto. Son muchas las partes del mundo que ya luchan contra el deterioro de sus sistemas de producción, y el número de personas que padecen hambre crónica ha superado los mil millones (Seeberg, 2010).

Mientras los sectores agrícola, forestal y de otros usos de la tierra sufren los impactos del cambio climático, contribuyen de forma significativa a las emisiones de gases. A la inversa, esto les otorga un potencial único para restringir el cambio climático reduciendo o evitando las emisiones y reforzando los sumideros de

carbono (Seeberg, 2010). Para minimizar los impactos del cambio climático es necesario reducir inmediatamente las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Numerosas actividades agrícolas y forestales contribuyen a las emisiones de GEI. El cambio de estas prácticas y la adopción de otras nuevas y sostenibles de manejo de la tierra pueden apoyar la retención y reducción de GEI. El manejo forestal sostenible puede evitar la destrucción de los bosques y la emisión de CO₂, mientras que la plantación de nuevos árboles secuestra una mayor cantidad de CO₂ (Seeberg, 2010).

Por tal motivo el conocimiento de la cantidad de carbono (CO₂) que almacenan los fustes de los árboles, es de vital importancia para poder estimar el monto de emisión de este gas que se emite a la atmósfera cuando se talan los árboles, ya que en la amazonia dicha información es muy escasa.

2.1. Definición del problema

¿Cuál es la cantidad de carbono almacenado en los fustes de nueve especies comerciales de un bosque húmedo tropical de colina baja en el distrito del Yavari, Loreto, Perú?

III. HIPOTESIS

3.1. Hipótesis general

El contenido de carbono almacenado en los fustes de nueve especies comerciales es mayor a una tonelada por metro cubico en el bosque húmedo tropical de colina baja en el distrito del Yavari, Loreto, Perú.

3.2. Hipótesis alternativa

El conocimiento del contenido de carbono almacenado en los fustes de nueve especies comerciales del bosque húmedo de colina baja, es mayor a una tonelada de carbono almacenado por metro cubico de madera rolliza y será suficiente para la toma de decisión con respecto al plan de aprovechamiento sostenido.

3.3. Hipótesis nula

El conocimiento del contenido de carbono almacenado en los fustes de nueve especies comerciales del bosque húmedo de colina baja, no es mayor a una tonelada de carbono almacenado por metro cubico de madera rolliza y no será suficiente para la toma de decisión con respecto al plan de aprovechamiento sostenido.

IV. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Estimar la cantidad de carbono almacenado en los fustes de nueve especies comerciales en el bosque húmedo tropical de colina baja en el distrito del Yavari, Loreto, Perú.

4.2. Objetivos específicos

- Registrar la composición florística de nueve especies comerciales con diámetro ≥ 40 cm del bosque en estudio.
- Determinar el número de individuos por clase diamétrica de nueve especies comerciales del bosque en estudio.
- Determinar el volumen de madera comercial por hectárea y por clase diamétrica del bosque en estudio.
- Estimar el contenido de carbono almacenado en los fustes de nueve especies comerciales del bosque en estudio.
- Elaborar un mapa de dispersión de nueve especies comerciales del bosque en estudio.

V. VARIABLES

5.1. Variables, Indicadores e Índices

En el Cuadro 1, se señalan las variables de estudio con sus respectivos indicadores e índices:

Cuadro 1. Variables, indicadores e índices de estudio

Variable de estudio	Indicadores	Índices
Inventario Forestal	Composición florística	Número de especies comerciales Número de familias botánicas
	Número de individuos	Individuos/ha
	Volumen	m ³ /ha
Fustes	Rendimiento de carbono	t C/ha

5.2. Operacionalidad de las variables

En el Cuadro 2, se presenta la operacionalidad de las variables que se tendrá en cuenta en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

Cuadro 2. Operacionalidad de las variables

Variable	Símbolos	Unidad	Operacionalización
Inventario Forestal	Taxonomía	Nº	Especies /familia
	Clase diamétrica	Cm	Nº esp./clase diamétrica
	Volumen	M ³	Volumen/especie
Fustes	Carbono	t	Carbono/ha

VI. MARCO TEORICO

6.1. La neutralidad en carbono

En la carrera por mitigar el cambio climático, algunos gobiernos, empresas e instituciones han comenzado una transformación hacia una economía de bajas emisiones de GEI. En este proceso surgió el concepto de Neutralidad en Carbono (NC) que consiste en que el balance neto de emisiones de GEI de una organización, producto, servicio o proceso sea igual a cero, a través de una combinación de acciones directas como reducción de emisiones y/o acciones indirectas como remociones de carbono TCNC, (2006).citado por Hernández (2010).

- EL gobierno de Costa Rica anuncia en 2007 a través de su presidente Óscar Arias que "el país llegará a convertirse en el 2021 en el primer país centroamericano en lograr una emisión neutra de dióxido de carbono y otros gases que están provocando el calentamiento global".
- La universidad EARTH de Costa Rica describe en su informe anual que la universidad emite 1,154 toneladas de CO₂ anuales generadas por sus actividades y que a su vez tiene la capacidad de remover de la atmósfera 16,324 toneladas anualmente (EARTH, 2007).
- EL Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) ubicado en Costa Rica encontró en un estudio para el logro de la Neutralidad en Carbono, que el balance de la institución y la modelación del capital natural realizado para las actividades que se llevan a cabo en la sede central, removió mayor cantidad de GEI de los que emite en el período comprendido entre 2003 - 2006 (Guerra, 2007).

6.2. Las emisiones de CATIE

Los resultados de la estimación de las emisiones del CATIE obtenidos por Guerra (2007), para 4 años (2003 a 2006) indican que para el caso de la fermentación entérica, el promedio fue de 877,4525 t-CO₂e. En relación con el manejo de residuos agrícolas sólidos y líquidos, el promedio para el mismo período fue de 8,0525 t-CO₂e. Para las emisiones directas de óxido nitroso por manejo de fertilizantes sintéticos, el balance de GEI varía de 72,38 t-CO₂e para el 2003 a 87,62 t-CO₂e en el 2006. Las emisiones por viajes aéreos fueron de 539 t-CO₂e en el 2003 y 661 t-CO₂e en el 2006. El promedio de las emisiones por consumo eléctrico fue de 251,5 t-CO₂e. Por consumo de combustible fósil el promedio fue de 449,9 t-CO₂e. Por último, las emisiones por consumo de papel fueron en promedio de 4,26 t-CO₂e.

6.3. El rol de los bosques en los cambios climáticos

Los ecosistemas terrestres, en general, y los ecosistemas forestales, en particular, juegan un rol primordial en el equilibrio del clima. A nivel mundial, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) relacionadas con el sector de uso de la tierra, cambio de uso y forestal (Land Use, Land Use Change and Forestry – LULUCF1) representan el 17,4% de las emisiones globales. Por lo tanto, es el tercer sector contribuyente, luego del sector de la energía (25,9%) y de la Industria (19,4%), pero antes del sector de la agricultura (13,5%) y de los transportes (13,1%). están principalmente relacionadas con la deforestación en los países de la zona intertropical y, especialmente, en Brasil, en Indonesia, en Malasia o incluso en República Democrática del Congo (Chenost, *et al.*, 2009).

6.4. Emisiones debida a la deforestación

La deforestación consiste en la conversión de “tierras forestales” a “tierras no forestales” bajo el efecto de la acción antrópica. Este proceso genera emisiones importantes de GEI por la liberación del carbono almacenado hacia la atmósfera, por combustión o descomposición. Por ejemplo y en promedio, la deforestación de una hectárea de bosque tropical húmedo transformado en campo cultivado puede generar la emisión de $892 - 300 = 592$ tCO₂e. Esta reducción de las existencias puede ser progresiva si se extrae regularmente biomasa en el espacio forestal por encima de las capacidades de renovación de esta biomasa. Es el caso, en especial, cuando los bosques no son manejados en forma sostenible. Se habla, entonces, de “degradación” de los bosques, siendo progresivo el cambio en la utilización de la tierra (Chenost, *et al.*, 2009).

Dentro del marco del cálculo de las emisiones relacionadas con la deforestación, la propia definición de bosque que permite calcular las superficies implicadas tiene una importancia considerable. Ésta puede variar de un país a otro. (Chenost, *et al.*, 2009).

6.5. La deforestación como daño ambiental puro

La deforestación es un daño ambiental puro en el sentido de que la tala de bosques es un daño ocasionado al medio ambiente, a la biodiversidad, bioprospección, los hábitats, la flora, el ecoturismo, el almacenamiento de agua, y que además resultan indirectamente afectados toda la sociedad porque los bosques capturan y secuestran el carbono CO₂ principal contaminante del planeta (Perez, y Nuñez, 2010) citado por Hernández, (2010).

6.6. Los bosques y el cambio climático global

Salati (1990), citado por Hernández (2010), menciona 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 en cantidades variables 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 reemiten parte de la radiación infrarroja que el planeta emite de regreso al espacio exterior. Cuanto mayor es la concentración de los gases 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 invernadero, se incrementa la cantidad de calor atrapada en la atmósfera, dando origen a que se eleve la temperatura superficial del planeta.

6.7. El efecto del incremento de la temperatura

El aumento de la concentración de CO₂ atmosférico, conduce al efecto invernadero el cual a su vez motiva la elevación de la temperatura en el ambiente afectado con los consiguientes cambios en los ciclos hidrológicos y energéticos. Esta elevación de la temperatura que se pronostica más comúnmente de 1,5 a 4,2 °C pero que podría ser hasta 10 °C en un lapso entre 40 y 80 años (Peters *et al.*; Citado por Hernández (2010)).

Los estudios realizados indican que los ricos y extensos bosques boreales del norte sufrirán un calentamiento relativo mayor que los bosques que se encuentran más al sur. Según Peters (1990) citado por Hernández (2010), un calentamiento de 3 °C conducirá a la desaparición del 37 % de bosque boreal. En general los árboles por ser especies de largo periodo vegetativo pueden ser particularmente vulnerables a los cambios climáticos (Tanglely, 1988 citado por Hernández (2010).

Los problemas de adaptación a los cambios se complicaran aún más cuando además de los acelerados desplazamientos que deberían lograr las especies para enfrentar los rápidos cambios adicionales creados por el hombre, difíciles e imposibles de superar en algunos casos, tales como áreas agrícolas, urbanización extensa, suelos y aguas degradadas, desiertos, entre otros que las plantas y animales en su forzada ruta de emigración (Peters, 1990; Perry y Borchers, 1990 citado por Hernández (2010).

6.8. Biomasa

Gaillard (2002), determinó funciones que permiten estimar la biomasa individual de 5 especies de árboles y 5 de arbustos del parque Chaqueño Seco, pesado sus componentes húmedos (troncos, ramas, ramillas, hojas y frutos). Los pesos secos se obtuvieron mediante el uso de las razones de peso seco/peso húmedo determinadas en base a muestras secadas en estufas de 105°C. Mediante técnicas de regresión se obtienen las ecuaciones que permiten estimar la biomasa aérea individual en función de otras variables como son el diámetro normal, diámetro a la base, diámetro de copa, volumen de copa, altura de fuste, altura de copa combinaciones o transformaciones de ellas. Mientras que Vidal *et al.*, (2002), estimaron la biomasa de copa para árboles en pies de *Pinus tropicalis*

morelet de Pinar del Río, Cuba para lo cual consideraron un total de 191 árboles tomando el diámetro normal y la altura total. Mencionan que en todos los casos estudiados el peso foliar y el peso de las ramas aumentan de forma directamente proporcional al diámetro normal de los árboles, determinaron que la variable independiente más eficiente para la estimación en pie del peso de la biomasa de copa (foliar y ramas) de la especies estudiadas fue el diámetro normal.

Brown *et al.*, (1982), recomiendan estimar la biomasa en árboles menores de 3 m en función al peso y la altura total; para los arbustos entre el peso y el diámetro del tallo o peso y diámetro de la copa y altura mientras que para la vegetación herbácea recomiendan estimar el peso en una parcela. Asimismo, Acosta *et al.*, (2002), realizaron un estudio donde se propusieron conocer la biomasa aérea de las especies leñosas más comunes, dado que el componente aéreo del estrato arbóreo constituye uno de los principales almacenes de biomasa, y por lo tanto de carbono, generalmente los modelos alométricos se generan por especies, sin embargo, es probable que varias especies que crecen en un mismo tipo de vegetación presenten similitud del patrón morfológico de crecimiento y, por lo tanto, en la asignación de biomasa aérea. Si esto ocurriera, podría utilizarse un mismo modelo alométrico para estimar la biomasa en varias especies.

6.9. Cambio climático

La Convención de Cambio Climático se estableció, teniendo como objetivo "la estabilización de la concentración de gases efecto invernadero en la atmósfera a niveles que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático y en un plazo suficiente para que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurando que la producción de alimentos no

se vea amenazada y permitiendo que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible” (UNFCCC, 1992). En esta convención se reconoció a los países industrializados como los principales responsables del Cambio Climático, instándoles a establecer políticas de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (Harrington *et al.*, 1991) citado por Hernández (2010). También se acordó que las naciones industrializadas y naciones con economía en transición reducirían sus emisiones de gases de efecto invernadero en un 5,2 % entre los años 2008 y 2012 respecto a los que emitían en 1990 (Brand, 1998). Es así como se abre la posibilidad para los países de vender y para otros de comprar bonos de emisiones de gases de efecto invernadero (Booth, 1991; Bruenig, 1991; Andrasko, 1990) citado por Arroyo y Paredes 2006). Frente a este potencial y ya emergente mercado, en algunos países subdesarrollados ya están trabajando en proyectos de captura de carbono (Schroeder *et al.*, 1993) citado por Hernández (2010).

6.10. Composición florística

Burga (2008), en un estudio sobre la influencia de las características físicas y químicas del suelo, determinó sobre la estructura y composición florística en las diferentes fisonomías en el sector de Caballococha-Palo Seco-Buen Suceso, determinó en total 456 especies de árboles con dap \geq 27,5 cm en las 28 parcelas de muestreo, representando a 49 familias y 207 géneros. Las especies se agrupan en familias de acuerdo a sus características botánicas, según las especies reportadas, la familia Fabaceae fue la que presentó mayor cantidad de especies con un total de 76, con predominio de los géneros *Inga*, *Parkia* y *Swartzia*, seguido de la familia Euphorbiaceae y Lauraceae con 23, con

predominio de los géneros *Hevea*, *Croton*, *Nealchomea*, *Ocotea* y *Anaueria*, *Moraceae* y *Sapotaceae* con 30, con predominio de los géneros *Brosimum*, *Ficus*, *Pouteria* y *Chrysophyllum*, *Clusiaceae* con 14, *Rubiaceae* y *Bombacaceae* con 13, *Annonaceae* y *Lecythidaceae* con 19, *Myristicaceae* con 28, *Apocynaceae* y *Arecaceae* con 10, *Olacaceae* con 6 y *Chrysobalanaceae* con 13 respectivamente dentro de las 15 familias con mayor número de especies.

Villacorta (2012), reporta para un estudio en la cuenca media del río Arabela 17 familias con mayor número de géneros y especies los cuales aportan el 73,93% del total. Las familias más diversas son las *Fabaceae*, *Euphorbiaceae*, *Annonaceae* y *Rubiaceae*, siendo la familia *Fabaceae* la más numerosa con 23 géneros y 37 especies. Por su parte Baluarte (1995) citado por Balseca (2010), menciona que desde el punto de vista florístico, la cualidad más relevante de los bosques de la Amazonía peruana, es su alta riqueza de especies. INADE (2002), en la cuenca del Pastaza determinó como familias representativas a las *Fabaceae*, *Sapotaceae*, *Chrysobalanaceae*, *Lecythidaceae*, *Myristicaceae*, *Lauraceae*, *Euphorbiaceae* y *Annonaceae*.

Vidurrizaga (2003), reporta para un inventario con fines de manejo en la carretera Iquitos-Nauta un total de 202 especies maderables y 7 especies no maderables, los cuales se encuentran agrupados en 41 familias botánicas, siendo los más importantes por su abundancia las *Fabaceae*, *Lecythidaceae*, *Euphorbiaceae*, *Myristicaceae* y *Moraceae*. Mientras que Macedo (2012), ha registrado para un inventario forestal desarrollado en la comunidad campesina de Tres Unidos en total 10 familias de plantas con 18 géneros y 19 especies. Asimismo, las familias *Lauraceae*, *Fabaceae*, *Myristicaceae* y *Vochysiaceae* son las que presentaron

mayor cantidad de especies con un total de 13, con predominio de los géneros *Ocotea* y *Vochysia*. Bermeo (2010), en la cuenca del Itaya registró 40 Familias botánicas y 119 especies para árboles ≥ 30 cm de dap; como familias botánicas de mayor presencia están la Fabaceae con 15 géneros, Moraceae con 11 géneros y Lauraceae con 10 géneros.

6.11. Distribución diamétrica

Para un estudio sobre la relación de la abundancia y estructura diamétrica en tres tipos de bosque y especies más importantes en la cuenca media del río Arabela Villacorta (2012), manifiesta que la distribución del número de árboles por clase diamétrica para las 25 especies que reportan el mayor número de individuos para un bosque húmedo de colina baja asciende a 1118 árboles/ha de un total de 1673 árboles. Las cinco especies que reportan el mayor número de individuos son: *Brosimum lactescens* "chimicua", *Inga* sp "shimbillo", *Couepia bracteosa* "parinari", *Eschweilera bracteosa* "machimango negro", *Pourouma guianensis* "sacha uvilla" y las tres especies con menor número de individuos son: *Mouriri* sp "lanza caspi", *Virola peruviana* "cumala blanca" y *Croton matourensis* "camaron caspi". Asimismo, la distribución del número de árboles por clase diamétrica muestra que la mayor concentración de individuos arbóreos se presenta en la clase diamétrica de 30 a 39,9 cm con 356 árboles/ha y la menor se presenta en la clase > 80 con 16 árboles/ha.

Rengifo (2012), reporta para un trabajo realizado en la zona de Contamana, que la distribución del número de árboles por clase diamétrica de 14 especies para un bosque húmedo de colina baja asciende a 2,28 árboles/ha, de las cuales las especies con mayor número de árboles son: *Virola* sp "cumala", *Copaifera*

paupera "copaiba" y *Coumarouma odorata* "shihuahuaco" con 0,57 y 0,28 árboles/ha respectivamente, mientras que las especies con menor número de árboles están representados por *Apuleia leiocarpa* "ana caspi", *Sloanea guianensis* "huangana casha", *Aspidosperma macrocarpon* "pumaquiro" y *Aspidosperma spruceanum* "quillobordon". Además la distribución del número de árboles por clase diamétrica muestra a la clase diamétrica de 80 a 89,9 cm con la más alta concentración de individuos arbóreos con 0,54 árboles/ha que representa el 23,68% del total y la más baja ocurre en la clase diamétrica de 40 a 49,9 cm con 0,11 árboles/ha. Mientras que Balseca (2010), obtuvo para el mismo tipo de bosque pero en otra zona un total de 12,40 individuos/ha, también indica que el mayor número de individuos se presenta en las tres primeras clases diamétricas con 10,60 individuos/ha, que representa el 85,48% de la población y para individuos con diámetro comercial \geq a 60 cm ascienden a un total de 1,80 individuos/ha, que constituye el 14,52%.

Loja (2010), manifiesta haber encontrado para un bosque húmedo tropical de colina baja un total de 3,365 individuos/ha, siendo las más importantes la *Virola* sp "cumala" con 0,683 individuos/ha, *Vochysia* sp "quillosa" con 0,643 individuos/ha, *Manilkara bidentata* "quinilla" con 0,321 individuos/ha, *Brosimum rubescens* "palisangre" con 0,262 individuos/ha y *Diplotropis* sp "chontaquiro" con 0,222 individuos/ha. Asimismo, Liclan (2011), indica haber encontrado para un estudio sobre potencial maderable de un bosque húmedo de colina baja en la cuenca del río Maniti 14 especies comerciales que ascienden a un total de 2,189 árboles/ha, de las cuales las especies con mayor número de árboles son: *Virola* sp "cumala" con 0,376 árboles/ha, *Otoba glyxicarpa* (Ducke) Rodr. "aguanillo" con 0,355 árboles/ha, *Ocotea* sp "moena" con 0,297 árboles/ha, *Carapa guianensis*

Aubl "andiroba" y *Brosimum rubescens* Taubert "palisangre" con 0,270 árboles/ha respectivamente, mientras que las especies *Cedrela odorata* L. "cedro", *Ceiba pentandra* (L) Gaertner "lupuna", *Cedrelinga cateniformis* "tornillo" y *Hymenaea palustris* Ducke "azúcar huayo" reportan el menor número de árboles del área de estudio. Asimismo, indica que la distribución del número de árboles por clase diamétrica muestra que la mayor concentración de individuos arbóreos ocurre en la clase diamétrica de 60 a 69,9 cm con 0,710 árboles/ha que representa el 32,43% del total y 0,123 árboles/ha de la clase diamétrica 80 a 89,9 cm indica el más bajo número de individuos del área de estudio.

6.12. Volumen de madera

En la cuenca del río Morona PROFONANPE (2007), manifiesta haber registrado un volumen de 215,77 m³/ha para un bosque húmedo tropical de colina baja ligeramente disectada; sin embargo, las 25 especies más importantes presentan 193,09 m³/ha, siendo las especies representativas *Mauritia flexuosa* "aguaje" (41,52 m³/ha), *Pouteria glomerata* "quinilla" (21,83 m³/ha), *Ocotea olivacea* "moena" (15,80 m³/ha), *Eschweilera coriacea* "machimango" (12,39 m³/ha) y *Pouteria multiflora* "caimitillo" (11,08 m³/ha). Mientras que para el mismo tipo de bosque en la zona del Pastaza presenta un volumen de 247,71 m³/ha; de las cuales las 25 especies más importantes presentan 219,83 m³/ha siendo las especies representativas *Pouteria cuspidata* "quinilla" (22,79 m³/ha), *Cariniana decandra* "papelillo" (18,43 m³/ha), *Virola divergens* "cumala blanca" (15,28 m³/ha), *Parkia velutina* "pashaco" (14,73 m³/ha) y *Aniba perutilis* "moena amarilla" (10,56 m³/ha). El mismo autor indica para un bosque húmedo tropical de colina baja fuertemente disectada haber encontrado un volumen de 270,16 m³/ha; de las cuales las 25 especies más importantes presentan 269,19 m³/ha, siendo las

especies representativas *Parkia velutina* "pashaco" (41,34 m³/ha), *Ecclinusa lanceolata* "quinilla" (37,83 m³/ha), *Licania elata* "apacharama" (34,05 m³/ha), *Cariniana decandra* "papelillo" (20,90 m³/ha) y *Endlicheria bracteata* "moena" (20,30 m³/ha).

Rengifo (2012), manifiesta que el volumen comercial del bosque húmedo de colina baja alcanzó 18,08 m³/ha, donde es posible notar la variabilidad que se presenta entre especies con valores que van desde 4,36 m³/ha a 0,10 m³/ha y los totales por clases diamétricas varían desde 0,22 m³/ha a 5,71 m³/ha. Por su parte Balseca (2010), reporta un volumen total de 20,142 m³/ha, siendo las tres especies con mayor volumen *Rinorea paniculada* "llama rosada" (3,251 m³/ha), *Poecilanthe efusa* "maria buena" (2,180 m³/ha) y *Zygia* sp "tigre caspi" (1,715 m³/ha).

6.13. El efecto invernadero

La principal fuente de energía para el planeta tierra es el sol, el cual emite energía del espectro visible (radiación de onda corta) hacia el planeta, la atmósfera se encarga de devolver directamente al espacio una tercera parte de la cantidad que llega, los dos tercios restantes llegan a la superficie. La superficie de la tierra expuesta al sol se calienta debido a que la misma cantidad de energía procedente del sol es emitida como radiación de onda larga (infrarroja), una parte de esta radiación infrarroja sale hacia el espacio y otra parte es regresada a la tierra en diferentes direcciones por las moléculas de los GEI y las nubes (IPCC 2007). En otras palabras, a mayores concentraciones de GEI y vapor de agua en la atmósfera se reduce la transparencia de la misma para la radiación infrarroja emitida por la superficie terrestre lo cual resulta en un calentamiento.

La atmósfera está compuesta en un 78% de nitrógeno (N), un 21% de oxígeno (O) y un 1% de otros gases. Los cambios en su composición se deben principalmente al aumento de las concentraciones de dióxido de carbono (CO₂) y en menor escala otros Gases de Efecto Invernadero (GEI) (IPCC, 2007). El impacto de estos gases sobre el efecto invernadero natural se debe especialmente a la concentración en la atmósfera, al tiempo de permanencia y a su potencial de calentamiento global. Por ejemplo, una tonelada de óxido nítrico (N₂O), tiene un impacto mayor en la atmósfera que una tonelada de CO₂, ya que posee un potencial de calentamiento global 310 veces superior para un horizonte de 100 años (IPCC, 1996). Sin embargo, el CO₂ tiene concentraciones más altas y es el gas mayormente emitido. Los gases con mayor concentración en la atmósfera son los GEI naturales dentro de los cuales se encuentran el CO₂, el Metano (CH₄) y el N₂O. Los gases no naturales como por ejemplo el Hexafluoruro de Azufre (SF₆) que se encuentra en una concentración muy inferior con respecto al CO₂, tiene impactos más significativos ya que posee un potencial de calentamiento 23.900 veces mayor. Otros gases no naturales son el Clorofluorocarbonado (CFC11) y los Hidrofluorocarbonos (HCFC2 y HFC23) (IPCC, 2007).

6.14. Estimación de las emisiones por quema de la vegetación para la preparación del sitio

La quema de biomasa es una fuente de emisión, tanto de CO₂ como de gases No-CO₂ (CH₄ y N₂O). Esta práctica tiene dos orígenes: las quemas voluntarias y las involuntarias (incendios). La quema voluntaria de biomasa para la eliminación de vegetación preexistente también motiva el doble conteo (Salinas

y Hernández, 2008). El doble conteo se produce cuando por error se calculan las variaciones del gas CO₂, tanto en la quema de biomasa como en la pérdida de biomasa. Para evitar esto, no se calcularon las emisiones de CO₂ por quema ya que estas son equivalentes a la reducción en las existencias que se determinan al eliminar la vegetación. Solo se cuantificaron las emisiones de los gases No-CO₂ (CH₄ y N₂O).

La estimación de los gases No-CO₂ producido, es un proceso complejo debido a la diversidad de los componentes de los árboles. La celulosa es el mayor constituyente, significa el 50% por peso de la madera. Esta es una gran cadena de polímeros compuesta de unidades de glucosa. La Lignina, en un 23 a 33% en maderas blandas; 16 al 25% en maderas duras y sobre el 65% en maderas muertas, tiene una estructura molecular mucho más compleja que la celulosa.

6.15. Carbono en los productos forestales

Los productos forestales (papel y madera) son almacenes de carbono durante todo el tiempo de vida del producto y cuando este tiempo termina, el carbono pasa a otra parte del ciclo dependiendo del proceso de degradación del producto. Mientras mayor sea la vida media de un producto forestal, el carbono estará almacenado por más tiempo (Benjamín y Masera, 2001). Buena parte de la madera extraída del bosque básicamente se convierte en productos maderables (muebles, puertas, herramientas, infraestructura, entre otros) y papel. Sin embargo, el porcentaje de los productos que no se utilice en estos usos podría ser destinado a dendroenergía, entendiendo ésta como la quema de la madera proveniente directamente de los productos cosechados del bosque para la generación de energía.

El comercio de productos forestales tiene como resultado un desplazamiento espacial del componente fuente (en el sitio de descomposición del producto) relativo a un componente comparable del sumidero (en el ecosistema forestal). El carbono contenido en los productos forestales hace un pequeño y manejable aporte al balance mundial del carbono. A nivel mundial, el efecto neto sobre la concentración atmosférica es insignificante, a no ser que el índice de descomposición en las reservas de productos geográficamente desplazados sea diferente del que se da en el ecosistema forestal del que se había eliminado. No obstante, un control de esas tasas mediante una ordenación adecuada puede dar lugar a cierto grado de mitigación de los aumentos del CO₂ atmosférico (Benjamín y Masera, 2001).

Los datos de los productos forestales tradicionalmente recopilados por la FAO también tienen importancia conexas con el clima. La labor sobre el cambio climático se superpone con la labor sobre el comercio y, también, con la comercialización de los productos forestales. Por ejemplo, la certificación de las compensaciones del carbono proveniente de la reforestación en el marco del Mecanismo para un desarrollo limpio (MDL) y la certificación forestal tienen algunos objetivos superpuestos; los créditos compensatorios de carbono y quizás, el carbono en los productos forestales con el tiempo se transformará en productos básicos originales en el comercio de los productos forestales (FAO, 2009). Gran parte de la madera que es cosechada de los bosques y otros tipos de usos del suelo permanece en productos durante mucho tiempo (IPCC, 2006). Sin embargo, en muchos casos, en las metodologías forestales MDL es común considerar los aprovechamientos forestales como una pérdida de carbono.

6.16.El vínculo entre cambio climático, emisiones de GEI, agricultura y bosques

En la agricultura y la silvicultura, son varias las fuentes y sumideros que emiten, absorben y almacenan tres tipos de GEI: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O). Numerosas prácticas agrícolas y forestales emiten GEI a la atmósfera (Seeberg, 2010).

La agricultura es un importante contribuidor al cambio climático, pero también proporciona un sumidero y tiene potencial para aliviarlo. El secuestro de carbono implica que el dióxido de carbono es capturado de la atmósfera a través de la fotosíntesis por los árboles y plantas para almacenarlo como celulosa en sus troncos, ramas, hojas y frutos, y a cambio devuelven oxígeno a la atmósfera. También las raíces de los árboles y plantas absorben dióxido de carbono. La descomposición de los materiales orgánicos aumenta la porción de carbono almacenado en el suelo, que es mayor que la cantidad total que hay en la vegetación y la atmósfera. Los animales inspiran oxígeno y espiran dióxido de carbono, y a través de sus heces emiten carbono y N_2O al suelo. (Seeberg, 2010).

Para ralentizar los impactos del cambio climático es necesario reducir inmediatamente las emisiones de GEI. Como acabamos de explicar, numerosas actividades agrícolas y forestales contribuyen a las emisiones de GEI. El cambio de estas prácticas y la adopción de otras nuevas y sostenibles de manejo de la tierra pueden apoyar la retención y reducción de GEI. Algunas actividades agrícolas pueden aumentar la cantidad de materia orgánica y carbono en el suelo utilizando cultivos de cobertura o reducir las emisiones de metano mediante la

mejora de las prácticas de alimentación. El manejo forestal sostenible puede evitar la destrucción de los bosques y la emisión de CO₂, y la plantación de nuevos árboles secuestra una mayor cantidad de CO₂ (Seeberg, 2010).

6.17. Servicios ambientales

Se pueden definir como el conjunto de condiciones y procesos naturales (incluyendo especies y genes) que la sociedad puede utilizar y que ofrecen las áreas naturales por su simple existencia. Dentro de este conglomerado de servicios se pueden señalar la biodiversidad, la estabilidad climática, la contribución de ciclos básicos (agua, carbono y otros nutrientes) y la conservación de suelos, entre otros. Debido a la enorme cantidad de factores, la producción de servicios ambientales se ve día a día amenazada por el uso de prácticas no sustentables de manejo de recursos forestales (Torres *et al.*, 2005).

6.18. Biomasa

Energías Renovables (2004), denomina biomasa a toda la materia orgánica que se encuentra en la tierra, como fuente de energía presenta una enorme versatilidad, permitiendo obtener tanto combustibles sólidos como líquidos o gaseosos de origen vegetal. Cualquier tipo de biomasa proviene de la reacción de la fotosíntesis vegetal, que sintetiza sustancias orgánicas a partir del bióxido de carbono del aire y de otras sustancias simples aprovechando la energía del sol. La energía que se puede obtener de la biomasa proviene de la luz solar, la cual gracias al proceso de fotosíntesis es aprovechada por las plantas verdes mediante reacciones químicas en las células, las que toman CO₂ del aire y lo transforman en sustancias orgánicas, según una reacción del tipo: de bióxido de carbono y oxígeno CO₂ + H₂O (H-COH) + O₂. En estos procesos de conversión la

energía solar se transforma en energía química que se acumula en diferentes compuestos orgánicos (polisacáridos y grasas) y que es incorporada y transformada por el reino animal, incluyendo al ser humano, el cual invierte la transformación para obtener bienes de consumo.

La acumulación de la biomasa es influenciada por factores internos y externos: los factores externos son aquellos que afectan la fotosíntesis y la respiración, para estos autores los principales factores son; luz, temperatura, concentración de CO₂, humedad, fertilizantes, funguicidas, insecticidas, etc. y los factores internos como son, la edad, estructura, disposición de la planta, acumulación de hidratos de carbono y la clorofila (Kramer y Kozlowski, 1972).

Para Castellanos *et al.*, (1996) citado por Arroyo y Paredes (2006), la distribución de biomasa aérea y su distribución en los componentes del árbol son dos características importantes de estimar en las especies forestales, ya que mediante este conocimiento se puede clasificar los rodales por su capacidad para producir y proponer diferentes prácticas silvícolas para su manejo, esta información puede definir la cantidad de madera aprovechable por la industria, o como fuente de energía para el hombre, la acumulación de combustibles que podrían generar incendios y la cantidad de residuos producto de algún disturbio. Este último está relacionado con el ciclo de nutrientes y con la acumulación o pérdida de materia orgánica y minerales del suelo. Mientras que Ordóñez *et al.*, (2001), argumentan que la biomasa aérea comprende el tronco, hoja, ramas y follaje. El carbón contenido en la materia orgánica que se encuentra en descomposición se origina cuando las estructuras vegetales como hojas, ramas, troncos, son depositadas en el suelo. Gayaso *et al.*, (2002), mencionan que la

proporción y distribución de la biomasa en los componentes aparece asociada a las características de los árboles según las especies, el estado de desarrollo y el grado de intervenciones silvícolas a que son expuestos los individuos.

Valle (2003), menciona que la cantidad de hojarasca producida por una comunidad vegetal, es la sumatoria de los detritos vegetales aéreos finos aportados al suelo durante un periodo de tiempo expresado en peso seco. Lo cual están incluidos tantos, hojas, flores, frutos, ramas, entre otros. La cantidad de hojarasca se refiere al tenor de nutrientes contenidos en ellas y constituye la principal fuente de nutrientes incorporado al suelo en los ecosistemas forestales, una vez la hojarasca se descompone.

La importancia de la estimación de biomasa en las especies vegetales es muy importante, principalmente para conocer el valor que como servicio ambiental representan. Los estudios de biomasa en los bosques de nuestra región son muy escasos debido a la complejidad, costos y tiempo que ello representa. Sin embargo, estos estudios son cada vez más necesarios y no debemos omitir estas necesidades, sobre todo por la importancia que estos estudios tendrán en los próximos años. A esta necesidad debemos enfrentarla poco a poco con las técnicas adecuadas pero sobre todo buscar la mejor forma de minimizar costos, tiempo y trabajo (Snowdon *et al.*, 2001 citado por Arroyo y Paredes 2006).

6.19. Bosque

En general, los bosques jóvenes tienen una estructura más simple y son mucho más pobres en especies que los bosques primarios del mismo medio ambiente (Finegan, 1992). Un bosque no es simplemente una cantidad de madera si no una asociación de plantas vivas que puede y debe tratarse como una riqueza

renovable (Rengifo, 2012). Mientras que los bosques primarios son bosques vírgenes o formaciones vegetales poco alteradas por disturbios naturales o antropogénicos. De acuerdo a la variedad ambiental existe una amplia gama de tipos de bosque con diferente estructura y vegetación. En zonas tropicales la riqueza en especies es alta y el mismo tipo de bosque puede tener cientos de especies arbóreas. La abundancia de la mayoría de especies es baja y la mezcla de especies es intensiva, no sólo en el área (horizontalmente) sino también en los estratos (verticalmente) (Budowski, 1985, citado por Rengifo, 2012).

Según la FAO (2010), por bosques se entiende a las tierras que se extienden por más de 0,5 hectáreas dotadas de árboles de una altura superior a 5 m y una cubierta de dosel superior al 10 por ciento, o de árboles capaces de alcanzar esta altura in situ. No incluye la tierra sometida a un uso predominantemente agrícola o urbano. Los bosques son formaciones forestales densas, donde los árboles de diversas alturas y el sotobosque cubren una proporción considerable del terreno, o bien en una masa boscosa clara.

6.20. Ambiente

El ambiente es el conjunto de elementos sociales, económicos, culturales, bióticos y abióticos que interactúan en un espacio y tiempo determinado; lo cual podría graficarse como la sumatoria de la naturaleza y las manifestaciones humanas en un lugar y tiempo concretos (Westreicher, 2006).

El medio ambiente llamado también biósfera donde se desenvuelve la vida en el planeta Tierra es un sistema que engloba a todos los organismos vivientes, así como el aire, el agua y los suelos. En tal sentido, se llama Medio Ambiente al conjunto de valores naturales, sociales y culturales existentes en un lugar y en un

momento determinado, que influyen en la vida del hombre y en las generaciones futuras. Es decir, el concepto de Medio Ambiente engloba no sólo el medio físico (suelo, agua, atmósfera), y los seres vivos que habitan en él, sino también las interrelaciones entre ambos que se producen a través de la cultura, la sociología y la economía (Caillaux, 1978).

El ambiente se entiende como un sistema; es decir como un conjunto de elementos que interactúan entre sí. Por ende, implica el compendio de elementos naturales-vivientes o inanimados-sociales y culturales existentes en un lugar y tiempo determinados, que influyen en la vida material y psicológica de los seres humanos. Por dicha razón, es objeto de protección jurídica y forma parte del bagaje de la tutela de los derechos humanos. Así, el ambiente es concebido como el medio en el cual se encuentran contenidos todos los factores que hacen posible la existencia humana y la de los demás seres vivos. Por consiguiente, alude a todas las condiciones e influencias del mundo exterior que rodean a los seres vivientes y que permiten de una manera directa o indirecta su sana existencia y coexistencia (Perez y Nuñez, 2010).

6.21. Inventario forestal

CATIE (2002), resalta que si el propósito del inventario forestal es la preparación de un Plan de Aprovechamiento Forestal, se debe tener en cuenta que el registro de datos tenga el mínimo de error y al más bajo costo posible, en lo referente a la topografía detallada del terreno, área efectiva de aprovechamiento, zonas de protección, localización de rutas de transporte e información sobre ubicación, cantidad, tamaño y calidad de los productos que se desea aprovechar. Bolfor (1997), comenta que el inventario forestal constituye una herramienta eficiente de planificación del aprovechamiento maderero; que consiste en medir todos los

árboles sujetos de selección para el aprovechamiento y conservación, luego posicionarlos en un mapa para relacionarlo con la topografía e hidrografía del terreno. Padilla (1992), manifiesta que los principales parámetros que se consideran en un inventario forestal son: especies, diámetro, altura comercial, defectos del árbol, forma de copa, lianas trepadoras y calidad del árbol.

En términos cualitativos, el inventario permite conocer la variación de la masa forestal en los diferentes estratos o ecosistemas, así como determinar la variación florística del bosque y las características intrínsecas de las especies registradas (forma del fuste y de la copa, por ejemplo) y en términos cuantitativos determina el número de especies por unidad de área y las variables dasométricas, como diámetro a la altura del pecho (dap), altura comercial y altura total de los individuos inventariados. Una vez procesada la información de campo, es posible determinar el área basal y el volumen comercial estimado por unidad de área (Israel, 2004).

Según CONAFOR (2004), los inventarios forestales se pueden definir como un procedimiento operativo, para recopilar información cuantitativa y cualitativa sobre los recursos forestales, analizar y resumir esa información en una serie de datos estadísticos y presentarlos por medio de publicaciones; así mismo es un instrumento de la política nacional en materia forestal, que tiene por objeto determinar el cambio de la cubierta forestal del país y la evaluación de las zonas que se deben considerar prioritarias.

6.22. Composición florística

Los bosques tropicales presentan una composición fuertemente mixta, con una gran cantidad de especies por unidad de superficie (hasta más de 1000 por

hectárea), varía de un lugar a otro del bosque, lo cual está ligado a las diferencias del patrón o tipo de distribución de las especies arbóreas individuales, relacionadas a su vez a las condiciones del medio (principalmente el suelo) y a las características inherentes a las especies (Gómez, 1972). En un plano general, la diversidad florística de la amazonía responde al tipo de substrato: suelos lateríticos, suelos aluviales relativamente ricos y suelos muy pobres de arena blanca. También manifiesta que en las zonas de baja altitud en la amazonía son dominadas por Fabaceae; en suelos ricos, la familia Moraceae es la segunda más diversa; mientras que en los suelos pobres de arena blanca siguen las Sapotaceae, Burseraceae y Euphorbiaceae; asimismo, muchos de los patrones espaciales y temporales que caracterizan los tipos de vegetación se deben a procesos dinámicos vinculados a cambios en clima o a las perturbaciones. La inundación estacional o temporal, el gradiente de humedad, el tipo de aguas relacionado a los distintos biotopos y régimen de precipitación, juegan un rol importante en la composición de las diferentes formaciones vegetales. Así la composición florística, las tasas de crecimiento, mortalidad de las plantas, fenología, biomasa y la estructura de la vegetación, se modifican con cambios fuertes en factores climáticos o con perturbaciones que destruyen o alteran la vegetación (www.siamazonia.org.pe).

6.23. Distribución diamétrica

Para UNESCO (1980), la estructura del bosque son cambios fenológicos incluidos en función del microclima y de las modificaciones que en tal microclima inducen las condiciones fisiográficas y edáficas; a su vez, la estructura forestal determina las condiciones microclimáticas. Para Barkman, 1979, citado por Quirós *et al.*, (2003), la estructura de la vegetación es el patrón espacial de distribución de las

plantas. Se entiende la estructura de la vegetación como el patrón espacial de distribución de las plantas (Barkman, 1979), y la caracterización de una agrupación vegetal de especies leñosas se llega a través de la definición de su ordenamiento vertical y horizontal (Rangel y Velásquez, 1997).

Una distribución diamétrica regular, es decir mayor número de individuos en las clases inferiores, es la mayor garantía para la existencia y sobrevivencia de las especies; por el contrario, cuando ocurre una distribución diamétrica irregular, las especies tenderán a desaparecer con el tiempo Lamprecht (1964); mientras que Finol (1974), afirma que la distribución diamétrica regular garantiza la sobrevivencia de una especie forestal, así como su aprovechamiento racional según las normas del rendimiento sostenido. Por su parte Marmillod (1982), asegura que la distribución diamétrica depende marcadamente de la superficie de levantamiento. Para el análisis de la vegetación es importante encontrar un valor que permita dar una mejor visión de la estructura de las especies o que caracterice la importancia de cada especie en el conglomerado total de la población (Lamprecht, 1964).

VII. MARCO CONCEPTUAL

Gas de efecto invernadero (GEI): Gas que absorbe radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación (radiación infrarroja) emitido por la superficie de la Tierra y por las nubes (Gonzales, *et al.*; 2006).

Emisiones: Se entiende por emisión a la liberación de gases de efecto invernadero (GEI) o sus precursores a la atmósfera en un área y un período de tiempo específicos (Gonzales, *et al.*; 2006).

Cambio climático: Cambio del clima atribuido directamente o indirectamente a actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera mundial, y que viene a añadirse a la variabilidad natural del clima observada en períodos de tiempo comparables (Gonzales, *et al.*; 2006).

Secuestro de carbono: Es el retiro de CO₂ de la atmósfera para fijarlo o almacenarlo en un depósito de carbono (Gonzales, *et al.*; 2006).

Captura de carbono: Es el proceso de fijación del carbono en forma continua en cualquier sistema de uso de la tierra (Brown, 2000).

Carbono fijado: Se refiere al carbono que una unidad de área cubierta por vegetación tiene la capacidad de fijar en un periodo determinado (Saenz, 1996).

Carbono real o almacenado: Todo carbono que está almacenado en determinado ecosistema vegetal (Saenz, 1996).

Sumidero: Se entiende a cualquier proceso, actividad o mecanismo que absorbe un gas de efecto invernadero, un aerosol o un precursor de un gas de efecto

invernadero de la atmósfera (Gonzales, *et al.*; 2006).

Medio ambiente: Es el conjunto de todas las cosas vivas que nos rodean. De éste obtenemos agua comida, combustibles y materias primas que sirven para fabricar las cosas que utilizamos diariamente
http://www.cinu.org.mx/ninos/html/onu_n5.htm.

Densidad: Relación entre masa y volumen de un cuerpo (Diccionario Forestal, 2005).

Fuste: Se refiere a un índice de la calidad y cantidad de trozas aserrables que se pueden obtener de un árbol. Madera del árbol sin considerar la corteza (Diccionario Forestal, 2005).

Deforestación: Acción de eliminar el bosque de forma permanente para un uso no forestal (Freitas, 2006).

Bosque: Superficie mínima de tierras de entre 0,05 y 1,0 hectáreas (ha) con una cubierta de copas (o una densidad de población equivalente) que excede del 10 al 30% y con árboles que pueden alcanzar una altura mínima de entre 2 y 5 metros (m) a su madurez in situ (Perez y Nuñez, 2010).

Árboles: Son plantas leñosas perennes que tienen un fuste y una copa bien diferenciada (Lindorf, *et al.* 1991).

Biomasa: Peso o volumen total de organismos presentes en un área o volumen dados.(Gonzales, *et al.*; 2006).

Deforestar: Eliminar, matar o destruir todo o la mayoría de los árboles de un monte, de manera que sea imposible su reproducción salvo por medios



036

artificiales. (Gonzales, *et al.*; 2006).

Composición florística: Es la relación de especies forestales comerciales que se registrarán en el área de estudio (Lamprecht, 1990).

Estructura de la vegetación: Debe entenderse el agregado cuantitativo de unidades funcionales; es decir, la ocupación espacial de los componentes de una masa vegetal Dancereau (1961), citado por Burga (1993).

Volumen de madera comercial: Se determina para obtener el potencial maderable del bosque y la valoración económica correspondiente (Malleux, 1982).

VIII. MATERIALES Y MÉTODO

8.1. Lugar de ejecución

El área de estudio se localiza en la margen derecha de la quebrada Esperanza. Políticamente se encuentra en el distrito del Yavari, Provincia de Maynas, Región Loreto (Figura 1 del anexo). Geográficamente se ubica entre las siguientes coordenadas:

Cuadro 3. Coordenadas del área de estudio

Punto	Este (E)	Norte (N)
v1	815465	9553613
v2	815465	9550113
v3	813560	9550113
v4	813560	9552779
v5	814862	9552779
v6	814868	9553960
v7	814797	9555629
v8	816524	9555629
v9	816524	9553613

Clima

La precipitación alcanza los 2827 mm/año, la época lluviosa comprende los meses de diciembre a mayo, el mes de abril presenta la mayor precipitación pluvial con 326 mm y el menor reporta julio con 169 mm; la humedad relativa promedio mensual fluctúa entre 81,94% en octubre y 89,72% en mayo. La temperatura promedio es de 26,95 °C, con un rango entre 20,96 °C y 32,33 °C con una variación de más o menos 9,2°C entre la máxima y mínima diaria; el mes más caliente es noviembre con una media de 27,33 °C (CONAM, 2005).

Zona de vida

El área de estudio pertenece a la zona de vida denominada "Bosque Húmedo Tropical" cuyas características fisonómicas, estructurales y de composición

florística, corresponden a precipitaciones mayores a 200 mm mensuales y menor a 4 000 mm anuales (Holdridge, 1987).

Accesibilidad

Para llegar a la Parcela de Corta Anual 07, desde la ciudad de Iquitos se realiza a través de la vía fluvial, siendo el primer destino la localidad de Islandia al cual se arriba en un tiempo aproximado de 3 horas en embarcaciones de medio calaje (Motonaves fluviales), luego se prosigue el viaje en peque peque hacia la localidad de Esperanza en un tiempo de 4 días, o en un día y medio en fuera de borda de 50 hp. Seguidamente se realiza una caminata de aproximadamente 8 horas hasta el lugar final.

Características del área de estudio

La zona de estudio se sitúa en un bosque húmedo de colina baja, cuyas elevaciones desde el nivel local son menores a 80 m, con pendientes que varían desde 30 a 45%. Habitualmente se distribuyen en zonas de difícil acceso cubiertas por una densa vegetación. Las cimas de estas colinas sobrepasan el nivel superior de las terrazas altas; constituyen zonas de moderada estabilidad, hallándose en condiciones naturales afectados sólo por procesos de escurrimiento difuso (IIAP, 2009). La vegetación que presenta este bosque es muy heterogéneo que aumenta de vigor en las laderas de las colinas y van disminuyendo en las cumbres. En las partes altas del relieve, los estratos medio y bajo se presentan en forma abierta o menos densos, contrariamente a las partes bajas y anegadas donde se presentan en mayor densidad asociados con lianas y epifitas. Presenta las mejores condiciones para el aprovechamiento forestal, porque permite una acción de trabajo fácil y también por que presentan un buen

sistema hidrográfico de quebradas y afluentes de buen caudal de agua para el transporte de la madera en trozas por flotación y bajo costo (Lozano, 1996).

8.2. Materiales y equipos

Los materiales que se utilizaron son: libreta de campo, lápices, forcípulas, GPS MAP 76, calculadora de bolsillo, computadora, cintas de agua, pintura, marcadores indelebles, martillos, clavos y útiles de escritorio entre otros.

8.3. Método

8.3.1. Tipo y nivel de investigación

Por el diseño es descriptivo. El inventario forestal se realizó a través de fajas de 100 m de ancho cuyos largos variaron por la irregularidad del terreno (unidad de muestreo), distribuidos sistemáticamente a nivel detallado sumando en total 56 unidades de muestreo.

8.3.2. Población y muestra

Población: Es el conjunto de parcelas de 1 ha, con vegetación natural constituida por 946 unidades de muestreo.

Muestra: Estuvo compuesta por 56 unidades de muestreo (100 m de ancho por diferentes tamaños de largo). Las cuales fueron distribuidas en forma sistemática.

8.3.3. Diseño estadístico

El inventario forestal del presente estudio se realizó teniendo en cuenta el muestreo estratificado al nivel detallado. El diseño que se utilizó en el presente trabajo fue del tipo descriptivo.

8.3.4. Análisis estadístico

Para el estudio se realizó un inventario forestal de las especies comerciales con \geq a 40 cm de dap, en la cual se registró la composición florística y se tomó

información biométrica que sirvió para estimar el contenido de carbono, número de individuos, volumen y la distribución espacial de las especies.

8.3.5. Procedimiento

En el presente trabajo de investigación se utilizó la base de datos del inventario forestal de la Parcela de Corta Anual 07 cuyo representante legal es el señor: TEODULFO PALOMINO LUDEÑA realizado en el año 2011, a través del Plan Operativo Anual (POA) para Concesiones con Fines Maderables.

8.3.6. Registro de la composición florística

Se determinó teniendo en cuenta el inventario forestal; la identificación de las especies se realizó con la ayuda de un matero con experiencia, quien proporcionó el nombre vulgar de las especies. Para la cita de las familias, géneros y especies se usó la nomenclatura de Brako y Zarucchi (1993) y Vásquez (1997) quien incluye una relación de las especies con nombres vulgares.

8.3.7. Determinación del número de individuos por clase diamétrica y especie

La distribución del número de árboles por clase diamétrica se efectuó tomando como base el diámetro a la altura del pecho (Dap) en clases diamétricas de 10 cm por categorías. De acuerdo a recomendaciones internacionales sobre normalización Rollet (1974), citado por Cardenas (1986), para permitir comparaciones con resultados de otros levantamientos, se fijó en el presente trabajo un intervalo de clase igual a 10 cm.

8.3.8. Determinación del volumen de madera comercial por hectárea y por clase diamétrica

El volumen fue calculado teniendo en cuenta el diámetro (DAP), altura comercial y un coeficiente de forma de 0,65 por especie.

$$V_c = AB \times H_c \times F_f$$

Donde:

V_c = Volumen (m^3 /ha)

AB = Área Basal (m^2 /ha)

F_f = Factor de forma por especie

Calculo del área basal

$$AB = \pi/4 \times (Dap)^2 \quad \text{y/o} \quad 0,7854 \times (Dap)^2$$

8.3.9. Estimación del contenido de carbono

El contenido de carbono se estimó en base a la recomendación propuesta por el IPCC (1996), donde primero se efectuó el cálculo del volumen de cada una de las especies comerciales inventariadas en el área de estudio; después se multiplicó a cada una de ellas (especies) con su respectivo valor de densidad básica o peso específico cuyo resultado obtenido fue la biomasa. Seguidamente se multiplicó la biomasa calculada para cada especie por la fracción de carbono que es igual a 0,5 obteniéndose finalmente el contenido de carbono almacenado en los fustes de los árboles. Para el cálculo de la biomasa se determinó con la siguiente fórmula:

$$BLAS = Vol * Dm$$

Donde:

$BLAS$ = Biomasa leñosa arriba del suelo (fuste)

V = Volumen (m^3)

Dm = Densidad de la madera (Kg/m^3).

La densidad de la madera (Dm) fue utilizada para convertir el volumen del fuste de un árbol expresado en m^3 a toneladas de materia seca. Los valores de densidad de la madera de las diferentes especies fueron obtenidas del taller de análisis estadístico para apoyar el diseño de los inventarios de carbono (Honorio y Baker, 2009).

- Finalmente para estimar el contenido de carbono se determinó con la siguiente fórmula:

$$CA = B * Fc$$

Donde:

CA = Carbono almacenado

B = Biomasa total del componente

Fc = Fracción de carbono (0,5)

8.3.11. Mapa de dispersión de las especies comerciales

Para tal fin se realizó el inventario individual de cada faja donde se contabilizó y se registró todas las especies forestales aprovechables. En un formulario se tomó información de la posición de cada árbol en un sistema de coordenadas "X" e "Y" con la ayuda de un GPS. El eje "X" indicó la distancia del árbol a la trocha de orientación, pudiendo estar a la derecha o izquierda de la misma; mientras que el eje "Y" corresponde a la distancia de la trocha desde su inicio. Finalmente dichos datos fueron digitalizados en una hoja de cálculo (Excel), las mismas que se insertaron en el software Arc/vieu 3,2 para su edición final.

8.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para determinar la composición florística, el número de árboles por clase diamétrica y especie, el volumen y la estimación del carbono, se registró el diámetro del fuste a la altura del pecho (DAP) de todos los árboles comerciales a partir de 40 cm de DAP que fueron medidos con el calibrador forestal (forcípula). La altura comercial (HC) se estimó visualmente y cada individuo muestreado fue terminado a nivel de nombre común, la identificación dendrológica se realizó con la ayuda de un matero con experiencia quien proporcionó el nombre vulgar de las especies forestales. Los datos obtenidos serán procesados en el software Excel a través del informe de tablas y gráficos dinámicos, mediante el cual se determinó

información sobre número de individuos, área basal, volumen y cuantificación del carbono.

8.5. Procesamiento de la información

La presentación de los resultados finales se plasma en cuadros y figuras. En los cuadros se exponen la composición florística, número de árboles por hectárea y por clase diamétrica, volumen y cuantificación del carbono y en la figura se presenta el número de árboles, volumen y la dispersión de las especies.

IX. RESULTADOS

9.1. Caracterización del bosque húmedo tropical de colina baja

Este bosque presenta aproximadamente 946 ha, (Figura 1-anexo). Se desarrolla en el paisaje colinoso presentando ondulaciones en su configuración, su relieve topográfico presenta pendientes pronunciadas y complejas que varían entre 15% a 35%, la misma que permite un buen acceso para el aprovechamiento forestal y trazado de vías de extracción. En esta unidad el drenaje es bueno y los suelos son de regular calidad. En este bosque se han registrado 9 especies de valor comercial, con 1,008 árb/ha, y un volumen maderable de 8,216 m³/ha. Las especies más importantes según el índice de valor de importancia son: *Virola calophylla* "cumala" *Cedrela odorata*, "cedro" y *Cedrelinga cateniformis* "tornillo".

9.2. Composición florística del bosque de estudio

Cuadro 4. Lista de las especies de valor comercial identificadas en el área de estudio para árboles con \geq a 40 cm de Dap

Nº	Nombre común	Nombre científico	Familia
1	Almendra	<i>Caryocar glabrum</i> (Aubl.) Pers	Caryocaraceae
2	Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	Meliaceae
3	Cumala	<i>Virola calophylla</i>	Myristicaceae
4	Cumala aguanillo	<i>Virola albidiflora</i>	Myristicaceae
5	Palisangre	<i>Brosimum rubescens</i>	Moraceae
6	Lupuna	<i>Chorisia integrifolia</i>	Bombacaceae
7	Marupa	<i>Simarouba amara</i>	Simaroubaceae
8	Moena	<i>Nectandra acuminata</i>	Lauraceae
9	Tornillo	<i>Cedrelinga cateniformis</i>	Fabaceae

La composición florística del área de estudio se presenta en el Cuadro 4, donde es posible observar el registro según el inventario de 9 especies de valor comercial en total del bosque evaluado, las cuales se distribuyen en 8 familias botánicas; asimismo la familia Myristicaceae es la que reporta el mayor número de especies con un total de 2, las mismas que están representadas por *Virola calophylla* "cumala" y *Virola albidiflora* "cumala aguanillo".

9.3. Distribución del número de individuos por clase diamétrica y por especie

El número de individuos de las especies comerciales por hectárea y por clase diamétrica que se encontró en el área de estudio se presenta en el Cuadro 5, el mismo que asciende a un total de 1,008 individuos/ha, siendo las más importantes la *Virola calophylla* "cumala" con 0,265 individuos/ha, *Virola albidiflora* "cumala aguanillo" con 0,180 individuos/ha, *Simarouba amara* "marupa" con 0,152 individuos/ha y *Cedrela odorata* "cedro" con 0,135 individuos/ha.

Cuadro 5. Número de individuos por hectárea y por clase diamétrica para árboles con \geq a 40 cm de Dap

N°	Especie	40 A 50	50 A 60	60 A 70	70 A 80	80 A 90	90 A 100	100 A 110	110 A 120	> 120	Total general
1	Almendra			0,001	0,003		0,002	0,001	0,001	0,002	0,011
2	Cedro		0,013	0,030	0,008	0,022	0,017	0,014	0,020	0,012	0,135
3	Cumala	0,053	0,040	0,115	0,040	0,007	0,008		0,001	0,000	0,265
4	Cumala aguanillo	0,036	0,035	0,072	0,024	0,002	0,011			0,000	0,180
5	Lupuna					0,001			0,001	0,029	0,031
6	Marupa	0,031	0,013	0,070	0,022	0,001	0,015		0,001	0,000	0,152
7	Moena	0,020	0,013	0,026	0,007	0,003	0,005		0,001	0,000	0,076
8	Palisangre	0,005	0,001	0,017	0,018	0,006	0,015	0,003	0,001	0,001	0,068
9	Tornillo		0,006	0,014	0,022	0,006	0,015	0,003	0,008	0,016	0,091
	Total general	0,145	0,121	0,345	0,146	0,050	0,088	0,021	0,035	0,059	1,008

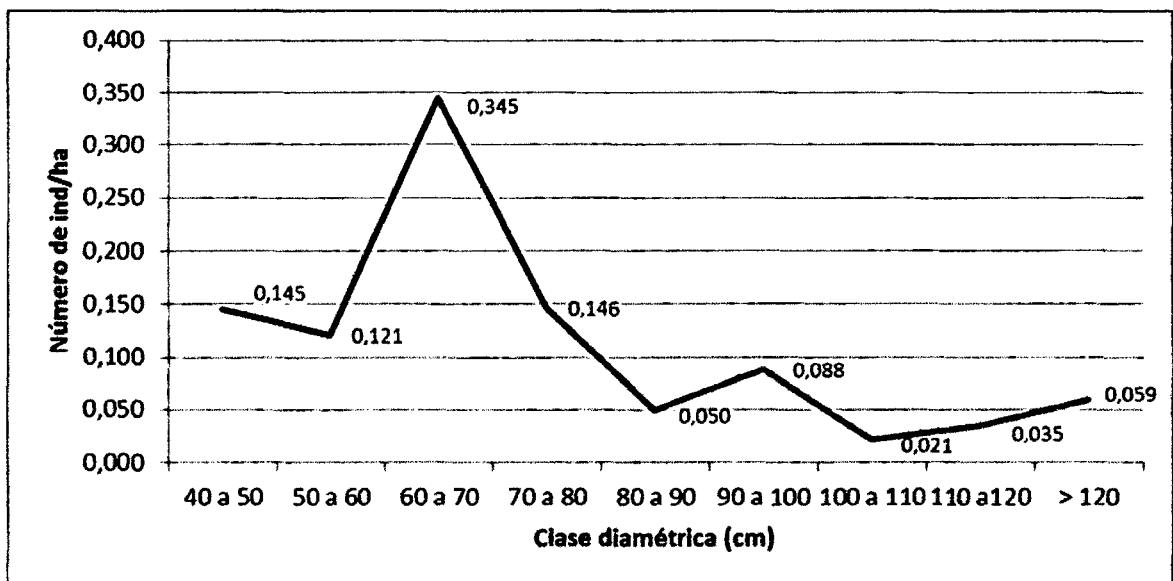


Figura 1. Distribución del número de individuos/ha y por clase diamétrica

La Figura 1, muestra que la mayor cantidad de los árboles inventariados se encuentran agrupados en las clases diamétricas inferiores hasta 70 a 80 cm, mientras que en las clases diamétricas superiores (> a 80 cm) presentan pocos individuos, pero con árboles de gran tamaño, situación que manifiesta una mayor densidad (estrechez) de individuos delgados y escasos árboles de gran dimensión los cuales crecen en forma dispersa.

9.4. Volumen de madera comercial por hectárea y por clase diamétrica

El volumen de madera de los árboles de las especies comerciales que se registraron en el inventario del área de estudio se presenta en el Cuadro 6; donde se puede observar el listado de las especies ordenadas en forma decreciente, de las cuales las 9 especies alcanzan en total 8,216 m³/ha de madera rolliza.

Cuadro 6. Volumen de madera por especie comercial para árboles con \geq a 40 cm de Dap

N°	Especie	40 A 50	50 A 60	60 A 70	70 A 80	80 A 90	90 A 100	100 A 110	110 A 120	> 120	Total general
1	Cumala	0,170	0,165	0,637	0,300	0,067	0,107		0,017	0,000	1,463
2	Cedro		0,048	0,153	0,056	0,197	0,184	0,197	0,339	0,289	1,462
3	Lupuna					0,010			0,020	1,293	1,324
4	Tomillo		0,025	0,076	0,159	0,058	0,180	0,035	0,126	0,416	1,075
5	Cumala aguanillo	0,121	0,143	0,382	0,169	0,019	0,136			0,000	0,970
6	Marupa	0,094	0,047	0,349	0,156	0,011	0,175		0,014	0,000	0,845
7	Palisangre	0,015	0,006	0,085	0,125	0,054	0,179	0,038	0,017	0,032	0,551
8	Moena	0,063	0,050	0,133	0,052	0,030	0,058		0,017	0,000	0,403
9	Almendra			0,005	0,023		0,020	0,016	0,016	0,043	0,122
	Total general	0,463	0,483	1,819	1,042	0,447	1,039	0,285	0,565	2,073	8,216

La proyección irregular de la distribución del volumen de madera comercial por clase diamétrica se muestra en la Figura 2, donde se puede verificar una marcada diferencia con respecto a las demás en la novena (> 120 cm) y tercera clase diamétrica (60 a 70 cm) con 2,073 m³/ha y 1,819 m³/ha respectivamente.

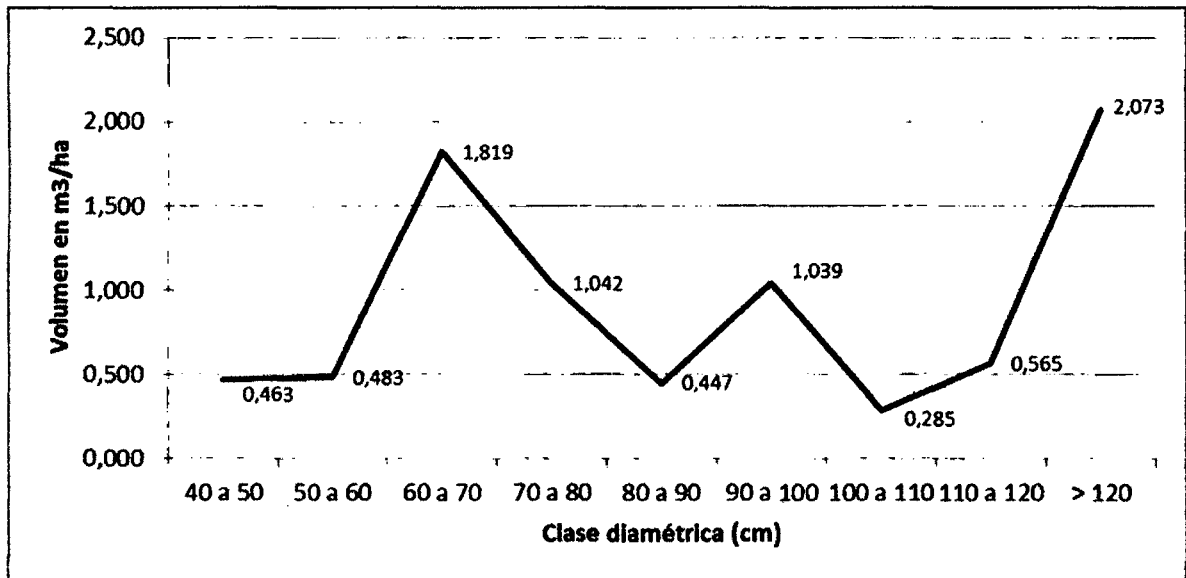


Figura 2. Distribución del volumen/ha y por clase diamétrica

9.5. Carbono almacenado en los fustes de las especies comerciales

El contenido de carbono de las 9 especies comerciales del área de estudio se puede apreciar en el Cuadro 7, el mismo que asciende a un total de 1743,76 tn, para un volumen de 7772,1223 m³; por su parte el Cuadro 8, indica que el contenido de carbono por hectárea es de 1,84 tC/ha, para un volumen correspondiente a 8,22 m³/ha.

Cuadro 7. Contenido de carbono (ton) de madera por especie comercial para árboles con \geq a 40 cm de Dap

Especie	Vol (m ³)	Densidad básica (kg/m ³)	biomasa (Kg)	biomasa (ton)	tC
Almendra	115,59	710	82067,78	82,07	41,03
Cedro	1383,41	410	567198,08	567,20	283,60
Cumala	1383,94	490	678133,01	678,13	339,07
Cumala aguanillo	917,95	450	413077,87	413,08	206,54
Lupuna	1252,05	280	350573,27	350,57	175,29
Marupa	799,37	380	303761,15	303,76	151,88
Moena	381,37	560	213566,92	213,57	106,78
Palisangre	521,08	750	390792,00	390,79	195,40
Tornillo	1017,38	480	488344,26	488,34	244,17
Total general	7772,12		3487514,33	3487,51	1743,76

Cuadro 8. Contenido de carbono (ton/ha) de madera por especie comercial para árboles con \geq a 40 cm de Dap

Especie	Vol (m³/ha)	Densidad básica (kg/m³)	biomasa (Kg)	biomasa (ton)	tC
Almendra	0,12	710	86,75	0,09	0,04
Cedro	1,46	410	599,58	0,60	0,30
Cumala	1,46	490	716,84	0,72	0,36
Cumala aguanillo	0,97	450	436,66	0,44	0,22
Lupuna	1,32	280	370,58	0,37	0,19
Marupa	0,85	380	321,10	0,32	0,16
Moena	0,40	560	225,76	0,23	0,11
Palisangre	0,55	750	413,10	0,41	0,21
Tornillo	1,08	480	516,22	0,52	0,26
Total general	8,22		3686,59	3,69	1,84

9.6. Mapa de dispersión de las especies comerciales del área de estudio

El mapa de dispersión del área de estudio se aprecia en la Figura 3, en el cual es posible observar la distribución espacial de las 9 especies comerciales que fueron evaluadas en el inventario forestal; también se puede notar claramente las viales primarias y secundarias que se utilizará durante el proceso de extracción de la madera.

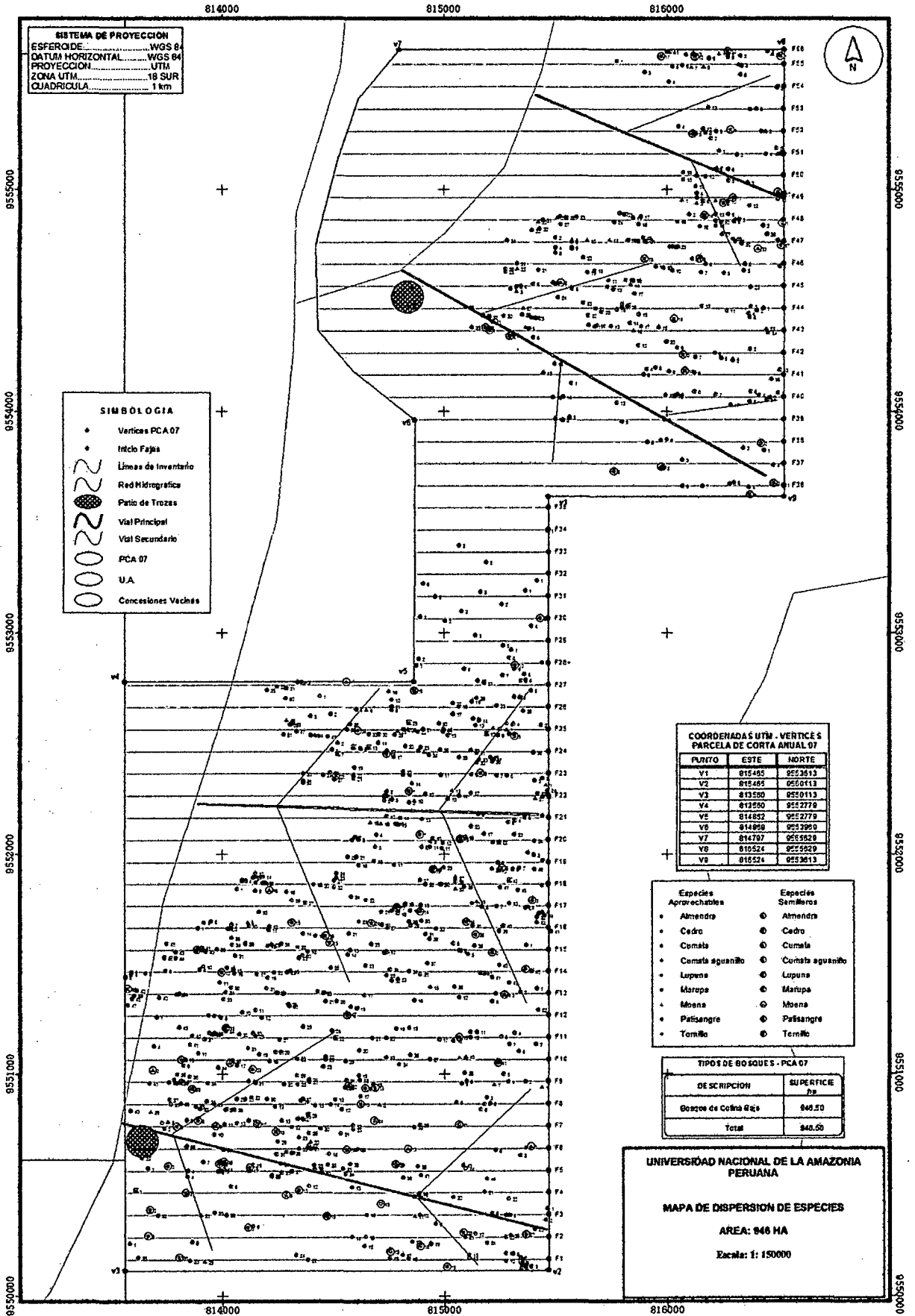


Figura 3. Mapa de dispersión del bosque en estudio

X. DISCUSIÓN

10.1. Composición florística del área de estudio

La estructura y composición de los bosques se ve afectada por la ocurrencia de disturbios de origen natural o antropogénico. La ocurrencia de disturbios frecuentes, determina el predominio de especies colonizadoras; mientras que en áreas más estables, el dosel del bosque está dominado por especies tolerantes a la sombra (Leiva, 2001 y Pinazo, *et al.* 2003). Las perturbaciones naturales en comunidades vegetales, son simultáneamente una fuente de mortalidad para algunos individuos, y sitios de establecimiento para otros, y determinan la variabilidad en riqueza y diversidad de especies. La diversidad disminuye luego de una perturbación severa, pero aumenta en el transcurso del tiempo (Denslow, 1980).

Según el inventario forestal la familia Myristicaceae reporta el más alto número de especies (2) con predominio del género *Virola* que representa el 25% del total; mientras que las demás especies que son 7 en total tienen una sola especie (*glabrum*, *odorata*, *rubescens*, *integrifolia*, *amara*, *acuminata* y *cateniformis*) que juntas hacen el 87,5% de presencia en este bosque (Cuadro 4). Los resultados obtenidos por Ramírez (2013), en un estudio sobre contenido de carbono en los fustes de las especies comerciales de un bosque húmedo tropical de colina baja en la localidad de Esperanza, río Yavari indica que la familia Fabaceae fue la que presentó el mayor número de especies (4) con predominio de los géneros *Hymenaea*, *Myroxilon*, *Coumarouma* y *Cedrelinga* que representa el 36,36% del total; mientras que la familia *Myristicaceae* reporta 2 especies que juntas hacen el 18,18%; las demás especies que son 5 en total tienen una sola especie (*Cedrela*,

Chorisia, *Simarouba*, *Brosimum* y *Tabebuia*) que constituyen el 9,1%, los cuales difieren al ser comparados con los resultados obtenidos en el presente estudio. Mientras que Macedo (2012), ha registrado para un inventario forestal desarrollado en la comunidad campesina de Tres Unidos en total 10 familias de plantas con 18 géneros y 19 especies. Asimismo, las familias Lauraceae, Fabaceae, Myristicaceae y Vochysiaceae son las que presentaron mayor cantidad de especies con un total de 13, con predominio de los géneros *Ocotea* y *Vochysia*, los cuales difieren al ser comparados con los resultados obtenidos en el presente estudio.

La degradación y pérdida de bosques primarios constituyen dos de las principales amenazas a la diversidad biológica en las regiones tropicales, cuyas causas están determinadas en parte por la constante expansión de las fronteras agropecuarias y la explotación de maderas bajo esquemas que no corresponden a las realidades ecológicas de cada localidad (Anderson, 1990; Castaño, 1993; Johnson y Cabarle, 1993) citado por Ochoa 1998. Como parte de esta última actividad, la extracción selectiva de árboles representa una de las modalidades más utilizadas para el aprovechamiento de recursos forestales, lo cual ha sido mayormente desarrollada en la selva.

10.2. Distribución del número de individuos por clase diamétrica

La distribución diamétrica del bosque ofrece una idea de cómo están representados en el bosque las diferentes especies según clases diamétricas. En la Figura 1, se presenta la distribución del número de individuos/ha y por clase diamétrica, donde se observa la simulación de la curva típica de distribución con tendencia de "J" invertida (curva exponencial) característica de los bosques

disetáneos, que tipifica a los bosques húmedos; es decir, mayor concentración de individuos en las clases diamétricas inferiores y menor en las clases diamétricas superiores (Quirós, *et al.* 2003; Pinazo *et al.* 2003; Cortés 2003 y Freitas 1996). Esta distribución representa la tendencia del bosque al entrar en una fase de homeostasis (equilibrio entre lo que se muere y lo que crece), aspectos que se ven representados por los movimientos que se dan con el paso de individuos entre las clases diamétricas (Quirós, *et al.* 2003).

Conforme se aprecia en la misma figura, la mayoría de las especies se encuentran agrupados en las clases diamétricas inferiores mientras en las clases diamétricas superiores (> a 80 cm) contienen pocos individuos, pero con árboles de gran tamaño. Escenario que define una elevada densidad (estrechez) de individuos delgados y escasos árboles de gran tamaño creciendo en forma dispersa. La clase diamétrica de 40-50 cm mostraría generalmente la mayor cantidad de individuos, este fenómeno ocurre dada la gran cantidad de árboles que son capaces de establecerse durante los primeros años (regeneración); sin embargo conforme aumenta la clase diamétrica, la cantidad de individuos disminuye producto de la competencia y las exigencias lumínicas que requieren algunas especies para mantenerse dentro el bosque, resultando una alta mortalidad de especies que no logran adaptarse a nuevas condiciones. Se observaron marcadas diferencias del incremento en diámetro entre individuos aún de la misma categoría diamétrica; el crecimiento rápido de algunos árboles puede explicarse, en parte, por el crecimiento más lento de los otros. Al respecto, Ayerde (1996), señala que los árboles de crecimiento más rápido son los que poseen genotipos más eficientes y además se ubican en los micrositios más favorables; sin embargo, agrega que el crecimiento e incremento en diámetro depende más

de la densidad, situación que dentro de ciertos límites presenta un incremento en diámetro mayor cuando hay más espacio. Las clases diamétricas restantes presentan una disminución similar en cuanto al número de árboles, producto de la misma estrategia del bosque para autoprotgerse. (Quirós, *et al.* 2003).

El mayor número de árboles se agrupa en la tercera clase diamétrica (60-70 cm) con 0,345 árboles/ha, el mismo que asciende al 34,23% del total y el menor se presenta en la clase diamétrica siete (100 a 110 cm) con 0,021 árboles/ha (2,08%) (Cuadro 5). Por su parte Ramírez (2013), para el mismo tipo de bosque reporta similar resultado con respecto al más alto número de árboles con 34,71% para la tercera clase diamétrica, pero difiere con relación al menor número de árboles con 0,88%. Mientras que Rengifo (2012), indica haber encontrado para 14 especies en total 2,28 árboles/ha, además la clase diamétrica de 80 a 89,9 cm presenta la más alta concentración de individuos arbóreos con 0,54 árboles/ha que representa el 23,68% del total y la más baja ocurre en la clase diamétrica de 40 a 49,9 cm con 0,11 árboles/ha; los cuales difieren al ser comparados con los resultados obtenidos en el presente estudio.

Una distribución diamétrica regular, es decir mayor número de individuos en las clases inferiores, es la mayor garantía para la existencia y sobrevivencia de las especies; por el contrario, cuando ocurre una estructura diamétrica irregular, las especies tienden a desaparecer con el tiempo (Lamprecht, 1964). La distribución del número de árboles por clase diamétrica (Figura 1), muestra a este bosque con cierta alteración; este cambio posiblemente se debe a factores externos como intrínsecos del mismo bosque natural, tal situación conlleva a pensar que este bosque ha soportado intervención antropica. Estas características demuestran

que el bosque se encuentra en un proceso de recuperación después de una intervención humana o natural (caída de árbol, derrumbes), debido a que la disminución de las especies no es continua y que en algún tiempo todas las especies estaban representadas por individuos que se podría incluir en todas las clases diamétricas.

10.3. Distribución del volumen de madera de las especies comerciales

En el Cuadro 6, se muestra el volumen comercial de la población arbórea el cual asciende a 8,216 m³/ha, además, puede observarse claramente la variación que se presenta entre especies que van desde 1, 463 m³/ha a 0,122 m³/ha y los totales por clases diamétricas varían desde 2,073 m³/ha a 0,285 m³/ha. Asimismo, las especies que presentan mayor volumen son: *Virola calophylla* "cumala" 1,463 m³/ha, *Cedrela odorata* "cedro" (1,462 m³/ha), *Chorisia integrifolia* "lupuna" (1,324 m³/ha) y *Cedrelinga cateniformis* "tornillo" (1,075 m³/ha) de las familias Myristicaceae, Meliaceae, Bombacaceae y Fabaceae, que juntas hacen el 61,15% del total; mientras que la especie *Caryocar glabrum* "almendra" reporta el menor valor con 0,122 m³/ha (1,48%). Ramírez (2013), obtuvo para el mismo tipo de bosque de un total de 11 especies comerciales 8,806 m³/ha; de las cuales las tres especies con mayor volumen son: *Vochysia* sp "cumala" (2,661 m³/ha), *Virola* sp "lupuna" (1,691m³/ha) y *Manilkara bidentata* "cedro" (1,122 m³/ha), que juntas alcanzan el 62,16% del total; mientras que las especies que presentan menor volumen son "estoraque" (0,273 m³/ha) y "azúcar huayo" (0,246 m³/ha), los resultados son similares al ser comparados con los obtenidos en el presente estudio. Por su parte Rengifo (2012), reporta para un estudio sobre ajuste de modelos matemáticos un volumen comercial de la población arbórea de 16,81

m³/ha, además, puede observarse claramente la variación que se presenta entre especies que van desde 9,36 m³/ha a 0,20 m³/ha y los totales por clases diamétricas varían desde 1,59 m³/ha a 7,52 m³/ha, los cuales son diferentes al ser confrontados con los resultados del presente estudio. Malleux (1982), indica que los volúmenes varían sustancialmente con relación al tipo de bosque o calidad de sitio, o también se puede atribuir a las actividades antropogénicas realizadas en los bosques.

En la Figura 2, se presenta la distribución del volumen por hectárea y por clase diamétrica de madera comercial registradas según los resultados del inventario forestal del área de estudio, donde se puede observar que las cuatro especies con más alto valor alcanzaron en total 5,324 m³/ha. Además la tercera clase diamétrica (60 a 70 cm) presenta una marcada diferencia con respecto a las demás, observándose un mayor volumen con 1,819 m³/ha. Este mayor volumen alcanzado se ve influenciado por la gran cantidad de individuos presentes en esta clase; sin embargo, también podemos apreciar que la clase diamétrica (90 a 100 cm) ocupa el segundo lugar en orden de importancia en cuanto a mayor volumen se refiere, debido a la presencia de un gran número de árboles. En este aspecto podrían considerarse factores relacionados con la historia a la cual puede haber sido sometido este bosque, puesto que es factible observar en la figura la posible extracción realizada en años anteriores.

10.4. Contenido de carbono almacenado en los fustes de las especies comerciales

El incremento de bióxido de carbono en la atmósfera ha generado a raíz de la Revolución Industrial, un cambio en la concentración atmosférica del CO₂ el cual se ha incrementado de 280 ppm durante el periodo preindustrial a

aproximadamente 360 ppm en la actualidad. Se ha predicho que si con las actividades antropogénicas se continúan incrementando las emisiones de bióxido de carbono al ritmo actual, se alcanzará una concentración de aproximadamente 700 ppm al final del siglo 21(IPCC, 1996).

En los últimos 150 años, la deforestación ha contribuido en forma muy significativa al aumento de las concentraciones de CO₂ en la atmósfera de la tierra. Actualmente, cerca de un 20% de las emisiones de CO₂ resultan de la eliminación y degradación de los ecosistemas forestales. La detención de la deforestación y la reversión a través de la reforestación y manejo sustentable, implica recapturar el CO₂, disminuir la concentración de gases invernadero en la atmósfera y reducir el calentamiento global (Schlegel, 2001).

En su mayoría, el carbono se encuentra fijado en la biomasa de la vegetación forestal, de ahí su indudable importancia en el ciclo global del carbono (Brow, *et al*; 1982). La biomasa forestal se define como el peso (o estimación equivalente) de materia orgánica que existe en un determinado ecosistema forestal por encima y por debajo del suelo, normalmente es cuantificada en toneladas por hectárea de peso verde o seco. Es frecuentemente separarla en componentes, donde los más típicos corresponden a la biomasa del fuste, ramas, hojas, cortezas, raíces, hojarasca y madera muerta. La determinación adecuada de la biomasa de una determinada área o de un bosque, es un elemento de gran importancia debido a que ésta permite determinar los montos de carbono y otros elementos químicos existentes como un medio para mitigar los cambios climáticos generados por el uso de combustibles (Arroyo y Paredes, 2006).

El contenido de carbono para el área de estudio se presenta en el Cuadro 7, el cual reporta en total 1743,76 tC, donde las especies *Virola calophylla* "cumala" (339,07 tC), *Cedrela odorata* "cedro" (283,60 tC) y *Cedrelinga cateniformis* "tornillo" (244,17 tC) son las que muestran la más alta cantidad de carbono almacenado; además, es preciso indicar que las 9 especies juntas exhiben en total 3487,51 toneladas de biomasa. Asimismo, en el Cuadro 8, se ostenta el contenido de carbono en toneladas/ha, el mismo que asciende a 1,84 tC/ha, de las cuales la especie *Virola calophylla* "cumala" muestra el más alto valor con 0,36 tC/ha que representa el 19,57% del total. También es preciso mencionar que 3,69 toneladas/ha de biomasa es la suma total de las especies evaluadas. Ramírez (2013), en un estudio sobre el contenido de carbono en los fustes de las especies comerciales de un bosque húmedo tropical de colina baja en la localidad de Esperanza, obtuvo para el área de estudio 910,627 tC, siendo las especies *Virola calophylla* "cumala" (277,102 tC) y *Chorisia integrifolia* "lupuna" (100,585 tC) las que reportan mayor cantidad de carbono almacenado; asimismo, las 11 especies exhiben en total 1821,255 toneladas de biomasa. Mientras que el contenido de carbono en toneladas/ha, asciende a 2,143 tC/ha, siendo la especie *Virola calophylla* "cumala" la que alcanzó el más alto valor con 0,652 tC/ha que representa el 30,42% del total. Además las especies evaluadas juntas alcanzaron 4,285 toneladas/ha de biomasa, estos resultados difieren al ser comparados con los obtenidos en el presente estudio.

La estimación de biomasa en las especies vegetales es muy importante, principalmente para conocer el valor que como servicio ambiental representan. Los estudios de biomasa en los bosques de nuestra región son muy escasos debido a la complejidad, costos y tiempo que ello representa. Sin embargo, estos

estudios son cada vez más necesarios y no debemos omitir estas necesidades, sobre todo por la importancia que estos estudios tendrán en los próximos años. A esta necesidad debemos enfrentarla poco a poco con las técnicas adecuadas pero sobre todo buscar la mejor forma de minimizar costos, tiempo y trabajo, Snowdon *et al*; (2001) citado por Arroyo y Paredes (2006).

Montoya *et al*; (1995), describen que, 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 y 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.

XI. CONCLUSIONES

1. Se registraron en total 9 especies forestales maderables de valor comercial, las cuales se agrupan en 8 familias botánicas; siendo la familia Myristicaceae la que reporta el mayor número de especies con un total de 2, las mismas que están representadas por *Virola calophylla* "cumala" y *Virola albidiflora* "cumala aguanillo".
2. Se reporta en total 1,008 individuos/ha siendo las más importantes la *Virola calophylla* "cumala" con 0,265 individuos/ha, *Virola albidiflora* "cumala aguanillo" con 0,180 individuos/ha, *Simarouba amara* "marupa" con 0,152 individuos/ha y *Cedrela odorata* "cedro" con 0,135 individuos/ha.
3. En total las 9 especies reportan 8,216 m³/ha; de las cuales las cuatro especies con mayor volumen son: *Virola calophylla* "cumala" (1,463 m³/ha), *Cedrela odorata* "cedro" (1,462 m³/ha), *Chorisia integrifolia* "lupuna" (1,324 m³/ha) y *Cedrelinga cateniformis* "tornillo" (1,075 m³/ha), que juntas alcanzan el 61,15% del total.
4. El contenido de carbono para el área de estudio asciende a 1743,76 tC, siendo las especies *Virola calophylla* "cumala" (339,07 tC), *Cedrela odorata* "cedro" (283,60 tC) y *Cedrelinga cateniformis* "tornillo" (244,17 tC) las que reportan mayor cantidad de carbono almacenado; mientras que por hectárea alcanzó 1,84 tC/ha, siendo la especie *Virola calophylla* "cumala" la que obtuvo el más alto valor con 0,36 tC/ha que representa el 19,57% del total.

XII. RECOMENDACIONES

1. Efectuar el manejo del bosque en estudio con las 9 especies comerciales evaluadas, pero con mayor incidencia con las especies *Virola calophylla* "cumala", *Cedrela odorata* "cedro" y *Cedrelinga cateniformis* "tornillo" porque reportan el mayor contenido de carbono almacenado.
2. Efectuar el aprovechamiento de las especies comerciales utilizando las viales diseñadas que se presenta en el mapa de dispersión, con la finalidad de minimizar el daño al bosque cuando se realiza la extracción.
3. Continuar con las evaluaciones en los bosques de nuestra región con la finalidad de estimar el contenido de carbono para realizar comparaciones.

XIII. BIBLIOGRAFÍA

- ACOSTA, M. M.; H. J. VARGAS. M. A. VELÁSQUEZ y B. J. D. ETCHEVERS, 2002. Estimación de la biomasa aérea mediante el usos de la relaciones alométricas en seis especies arbóreas en Oaxaca, México. p 725-736.
- ARROYO, J. y J. E. PAREDES. 2006. Estimación de la biomasa total y por componentes de hojas, ramas, copa y fuste en *Pinus cooperi* de la Región de El Salto, Pueblo Nuevo, Durango. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Forestal. Instituto Tecnológico de El Salto. 48 p.
- AYERDE L., D. 1996. Análisis de curvas de crecimiento de árboles y masas forestales. Tesis de Mestría. Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. Chapingo, México. 255 p.
- BALSECA, V. R. C. 2010. Inventario forestal de un bosque de colina baja ligeramente disectada con fines de manejo en la localidad de Nuevo Triunfo 2da. Zona. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Facultad de Ciencias Forestales. Iquitos-Perú. 50 p.
- BARKMAN, J. 1979. The investigación of vegetación texture ant structure. In:M.J. Werger (ed). Tge study of vegetati3n:123-160. Junk. The Hague-Boston.
- BENJAMÍN, J. y O. MASERA. 2001. Captura de carb3n ante el cambio climático. Madera y Bosques. 7(1):3-12.
- BERMEO, A. 2010. Inventario Forestal para el Plan de Manejo de la concesión 16-IQ/C-J-185-04, cuenca del Río Itaya, Loreto, Perú. Tesis, FCF – UNAP. 72 p.
- BOLFOR, J. 1997. Análisis económico del censo forestal: En documento del Simposio Internacional. Bolivia. 10 p.
- BRAKO, L. y J. L. ZARUCCHI. 1993. Calogue of the flowering plants and gymnosperms of Peru. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden 45: 1286 p.
- BROWN, J. K.; R. D. OBERHEU,. AND C. M. JOHNSTON. 1982. Handbook for inventorying surface fuels and biomass in the interior west, USDA Forest Service, General Technical Report INT-129 p.
- BROWN, J. K; R. D. OBERHEU, AND C. M. JOHNSTON, 1982. Handbook for inventorying surface fuels and biomass in the interior west, USDA Forest Service, General Technical Report INT-129 p.

- BURGA, R. 1993. Determinación de la estructura total y por especie en tres tipos de bosques en Iquitos-Perú. Tesis para optar el Título de Ingeniero Forestal. Facultad de Ingeniería Forestal. Universidad nacional de la Amazonía Peruana. 126 p.
- BURGA, R. 2008. Influencia de las características físicas y químicas del suelo sobre la estructura y composición florística en diferentes fisonomías en el Sector Caballococha-Palo Seco-Buen Suceso. Loreto-Perú. Tesis para obtener el Grado de Doctor en Ciencias Ambientales. Universidad Nacional de Trujillo. 248 p.
- CAILLAUX, J. 1978. El medio ambiente y su protección jurídica en el Perú. Un primer análisis. PUCP, Lima, Perú. p 62 y 63.
- Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales. Valdivia Chile. 233-240 p.
- CARDENAS, V. L. 1986. Estudio ecológico y diagnóstico silvicultural de un bosque de terraza media en la llanura aluvial del río Nanay, amazonía peruana. Tesis de Magíster Scientiae. Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza. Dpto. de Recursos Naturales Renovables. Turrialba, Costa Rica. 133 p.
- CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA – (CATIE). 2002. Inventarios forestales para bosques Latifoliados en América Central, Manual Técnico No. 50. Turrialba, Costa Rica. 265 p.
- CHENOST, C.; M.; J. GARDETTE.; N. DEMENOIS.; M. GRONDARD.; PERRIER Y M. WEMAËRE. 2009. Los mercados de carbono forestal. Programa de las Naciones Unidas para el Medioambiente (PNUMA), de la Agencia Francesa de Desarrollo (AFD), del BioCarbon Fund del Banco Mundial y de la ONF International. 174 p.
- COMISIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAFOR). 2004. Diagnóstico y propuesta para la gestión de manejo sustentable en los ecosistemas de montaña Naucampatepetl (cofre de perote). México, 202 p.
- CONSEJO NACIONAL DEL AMBIENTE – PERU. (CONAM). 2005. Indicadores Ambientales Loreto. Serie Indicadores Ambientales N° 7. 60 p.
- CORTÉS. S. S. P. 2003. Estructura de la vegetación arbórea y arbustiva en el costado oriental de la serranía de chía (Cundinamarca, Colombia). Programa de doctorado en Biología. Biodiversidad y Conservación. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. 19 p.

- DEFENSORÍA DEL PUEBLO. 2010. La política forestal y la Amazonía peruana. Informe Defensorial N° 151. 9 p.
- DENSLOW, J. S. 1980. Patterns of plant species diversity during succession under different disturbance regimes. *Oecologia* 46 p.
- DICCIONARIO FORESTAL. 2005. Sociedad española de ciencias forestales (SECF). 95 E. ISBN: 84-8476-189-4. Entre los objetivos de la Sociedad. 1336 p.
- EARTH. 2007. Universidad Earth: Neutralidad del carbono. San José, CR. 16p.
- EGUREN, L. 2004. El mercado de carbono en América Latina y el Caribe: balance y perspectivas. Serie medio ambiente y desarrollo. Naciones Unidas. CEPAL. Santiago de Chile. 83 p.
- ENERGÍAS RENOVABLES. 2004. Energía Biomasa Dirección Nacional de Promoción, Subsecretaría de Energía Eléctrica, Secretaría de Energía, República Argentina. <http://energia.mecon.gov.ar>. pdf (Consultado 1 de Noviembre 2006).
- FINEGAN. 1992. Bases ecológicas para la silvicultura. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE. Programa de producción y desarrollo agropecuario sostenido. Área de producción forestal y agroforestal. Proyecto silvicultura de bosques naturales. Turrialba, Costa Rica. p 96-120.
- FINOL, H. 1974. Nuevos parámetros a considerarse en el análisis estructural de las selvas vírgenes tropicales. *Rev. For. De Venezuela*. 14(21):29-48.
- FONDO NACIONAL PARA ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS POR EL ESTADO (PROFONANPE). 2007. Inventario Forestal. Componente Temático para la Mesozonificación Ecológica y Económica de las Cuencas de los Ríos Pastaza y Morona Iquitos-Perú. 84 p.
- Food and Agriculture Organization. (FAO). 2010. http://foris.fao.org/static/data/fra2010/FRA2010_Report_S.pdf Informe principal. 163 p.
- FREITAS, L. 2006. Servicios Ambientales de Almacenamiento de Secuestro de Carbono del Ecosistema Aguajal en la reserva Nacional Pacaya Samiria, Loreto – Perú. Documento Técnico N° 29. Pp. 61 – 62
- GAILLARD, C. 2002. Determinación de biomasa aérea en especies leñosas del

- GARCÍA, M. A. 2011. Cambio climático, calentamiento global y pueblos indígenas en México. Pacto de grupos ecologistas. San Cristóbal de las Casas, Chiapas. 168 p.
- GAYOSO, J.; J. GUERRA. y D. ALARCON. 2002. Contenido de carbono y funciones de biomasa en especies nativas y exóticas. Proyecto FONDEF. Universidad Austral Chile. Valdivia, Chile. 157 p.
- GOMEZ, P. 1972. The tropical rain forest: a nonrenewable recourse. En: Science, V. 177. 762-765 p.
- GONZALES, J.; O. PAZ.; M.; Zaballa y R. Ramiro. 2006. Estrategia de participación en el mecanismo de desarrollo limpio y en otros esquemas de comercio de emisiones de gases de efecto invernadero en el marco del plan nacional de desarrollo de Bolivia. Mitigación del cambio climático. Programa Nacional de Cambios Climáticos.
- GUERRA, L. 2007. Construcción de la huella de carbono y logro de carbono neutralidad para el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turriaba, CR, CATIE. 105 p.
- HERNANDEZ, P.C. 2010. Alternativas para la compensación de emisiones de gases de efecto invernadero a través de plantaciones forestales. Programa de educación para el desarrollo y la conservación. Magister Scientiae en Socioeconomía Ambiental . CATIE. Turrialba, Costa Rica, 2010. 86 p.
- HOLDRIDE, L. 1987. Ecología basada en zona de vida. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Tercera reimpresión. San José. Costa Rica. 216 p.
- HONORIO y BAKER. 2009. Taller de análisis estadístico para apoyar el diseño de los inventarios de carbono. IIAP. 12 p.
- INADE, INSTITUTO NACIONAL DE DESARROLLO (PEDICP). 2002. Estudio de zonificación ecológica económica, sector: Yaguas-Atacuari, Diagnóstico Forestal, Iquitos-Perú. 54 p.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. (IPCC). 2007. Guidelines for National Green House Gas Inventories. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. IGES, JP. 678 p.

- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE. CLIMATE CHANGE (IPCC).**
1996. Impact adaptations and mitigation of climate change: scientific-technical analyses. Watson, M. Zinyowera and R. Moss (eds.). Cambridge University Press.
- International Organization for Standardization. (ISO) 2008.** ISO 14064-1:2006 (en línea). Consultado 5 mar 2008. Disponible.
- ISRAEL, P, G.** 2004. Manual de inventario forestal integrado para unidades de manejo. Costa Rica. Ediciones wwf Centroamérica 49 p.
- KELLING, C.** 1998. Rewards and penalties of monitoring the earth. *Annu. Rev. Energy Environ.* 23:25–82.
- KRAMER, R. J. y T. T. KOZLOWSKI.** 1972. Fisiología de los árboles. Fundación kalouste Gulbenquian. 745 p.
- LAMPRECHT, H.** 1990, *Silvicultura en los trópicos; los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas – posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido.* Instituto de silvicultura de la universidad de Gottingen – Alemania. Traducido por Antonia Garrido. Gottingen, Alemania. 335 p.
- LAMPRECHT, H.** 1964. Ensayo sobre la estructura florística de la parte sur-oriental del bosque universitario El caimital. *Rev. For. Venezolana.* 7 (10-11): 77-119 p.
- LAMPRECHT, H.** 1990. *Silvicultura en los trópicos.* Cooperación Técnica – República Federal de Alemania GTZ. GR. 335 p.
- LEIVA, J.** 2001. Comparación de las estrategias de regeneración natural entre los bosques primarios y secundarios en las zonas bajas del atlántico costarricense. Tesis de bachiller en ingeniería forestal. Cartago, Costa Rica, ITCR 102 p.
- LICLAN, L. M.** 2011. Potencial maderable de un bosque de la parcela de corta anual 5 de la concesión forestal en la cuenca del río Maniti-Loreto, Perú. Tesis para optar el Título de Ingeniero Forestal. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Facultad de Ciencias Forestales. Iquitos, Perú. 58 p.
- LINDORF, H., L. DE PARISCA y P. RODRÍGUEZ.** 1991. Botánica, clasificación, estructura y reproducción. Universidad Central de Venezuela. Caracas.

- LOJA, W. 2010. Potencial maderable de un bosque de colina baja del censo forestal de la comunidad nativa San Antonio, río Pintuyacu-Alto Nanay, Loreto, Perú. Borrador de tesis para obtener el título de Ingeniero Forestal. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Facultad de Ciencias Forestales. Iquitos, Perú. 54 p.
- LOZANO, L. 1996. "Evaluación de recursos forestales para la obtención de un control de extracción forestal en aéreas superior a mil hectáreas". Tesis para optar el título de Ingeniero. Forestal Iquitos- Perú. 64 p.
- MACEDO, J. F. 2012. Tamaño óptimo de la unidad de muestreo para inventarios forestales en la comunidad campesina de Tres Unidos, Distrito del Alto Nanay. Región Loreto. Borrador de Tesis de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. 49 p.
- MALLEUX, J. 1982. Inventario Forestal en Bosques Tropicales. Lima-Perú, 193 p.
- MARMILLOD, D. 1982. Methodik und Ergebnisse von Untersuchungen über Zusammensetzung und Aufbau von Torfmoosen in peruanischen Amazonien. Dissert. Der forest. FECD. Univ. Göttingen. 198 p.
- MONTOYA, G., L.; S. BEN DE JONG, K. N. P. FARIAS; P. Y. 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.
- OCHOA G. J. 1998. Análisis preliminar de los efectos del aprovechamiento de maderas sobre la composición y estructura de bosques en la guayana venezolana. Interciencia Vol. 23 N° 4. Venezuela. 207 p.
- ORDOÑEZ, J. A. y O. MASERA. 2001. Captura de carbono ante el cambio climático. Madera y Bosques 7(1):3-12.
- PADILLA, J. 1992. Curso de Extensión en Inventarios Forestales, dirigidos a las comunidades de Puerto Almendras. Loreto. Perú.
- PEREZ, E. N. y J. NUÑEZ. 2010. La responsabilidad civil por la deforestación como daño ambiental puro en el Perú. Tesis para optar el título profesional de Abogado. Facultad de Derecho y Ciencias Políticas. Universidad Nacional de Trujillo. 262 p.
- PÉREZ, I. J. 2010. Potencial maderero de un bosque natural de terraza baja, con fines de manejo, cuenca del río Itaya, Loreto, Perú. 70 p.

- PINAZO, M. A.; N. I. GASPARRI; J. F. GOYA y M. F. ARTURO. 2003. Caracterización estructural de un bosque de podocarpus parlatorei y juglans australis en Salta, Argentina. Laboratorio de investigaciones en sistemas ecológicos y ambientales. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad nacional de la Plata. Rev. Biol. Trop. 51(2):361-368. 8 p.
- QUIRÓS, B. K. y M. R. QUESADA. 2003. Composición florística y estructural de un bosque primario. Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 15 p.
- RAMIREZ, A. M. 2013. Contenido de carbono en los productos y residuos generados por el aprovechamiento forestal de un bosque húmedo tropical en la comunidad nativa de Santa Mercedes, río Putumayo, Loreto, Perú. Tesis para optar el título de Ingeniero en Ecología de Bosques Tropicales. Facultad de Ciencias Forestales. UNAP. 74 p.
- RAMIREZ, E. K. 2013. Contenido de carbono en los fustes de las especies comerciales de un bosque húmedo tropical de colina baja en la localidad de Esperanza, río Yavari, Loreto, Perú. Borrador de Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. UNAP. 80 p.
- RANGEL, O. y A. VELÁSQUEZ. 1997. Métodos de estudio de la vegetación. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. P. 59-87
- RENGIFO, Z. L. 2012. Ajuste de modelos matemáticos para la estructura diamétrica en diferentes fisonomías en la zona de Contamana, Loreto-Perú. Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales-UNAP. 56 p.
- SAENZ, A. 1996. Certifiable, tradeable offsets in Costa Rica. Oficina Costarricense de Implementación Conjunta (OCIC), En: Joint implementation quarterly.
- SALINAS, Z. y P. HERNÁNDEZ. eds. 2008. Guía para el diseño de proyectos MDL forestales y de bioenergía. Centro Agronómico Tropical y de Enseñanza, CATIE. Turrialba, CR. 234p.
- SCHLEGEL, B. 2001. Estimación de la biomasa y carbono en bosques del tipo forestal siempreverde. Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales. Valdivia Chile. 233-240 p.

- SEEBERG, C. 2010. Las posibilidades de financiación del carbono para la agricultura, la actividad forestal y otros proyectos de uso de la tierra en el contexto del pequeño agricultor. Departamento de Gestión de Recursos Naturales y Medio Ambiente. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 39 p.
- UNESCO/PNUMA/FAO. 1980. Ecosistemas de los bosques tropicales. Informe sobre el estado de conocimiento. XIV España. 771 p.
- UNITED NATIONS FOR CLIMATE CHANGE CONVENTION, AL (UNFCCC). 1992. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Bonn, AL.
- VALLE, A. J. 2003. Descomposición de la hojarasca fina en bosques pantanosos
- VÁSQUEZ, R. 1997. Flórua de las Reservas Biológicas de Iquitos, Perú. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden, vol 63: 1046 p.
- VIDAL, C. A.; R. J. RODRIGUEZ.; N. J. BENITEZ.; R. R. C. ALVAREZ y R. H. GRA. 2002. Estimacion de la biomasa de copa para árboles en pies de *Pinus tropicalis* Morelet en la empresa forestal integral macurije de la provincia de pinar del Río, Cuba. Revista forestal. 32(2):261-265.
- VIDURRIZAGA, D. M. 2003. Inventario y evaluación con fines de manejo, carretera Iquitos-Nauta, Loreto, Peru. Tesis FCF – UNAP. 60 p.
- VILLACORTA, F. M. 2012. Relación de la abundancia y estructura diamétrica en tres tipos de bosque y especies más importantes en la cuenca media del río Arabela. Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales-UNAP. 90 p.
- WESTREICHER, C. A. 2006. Manual de Derecho Ambientalll. Editorial Pro-Terra, Lima-Perú. 50 p.
- www.siamazonia.org.pe.
- http://www.cinu.org.mx/ninos/html/onu_n5.htm.

ANEXO

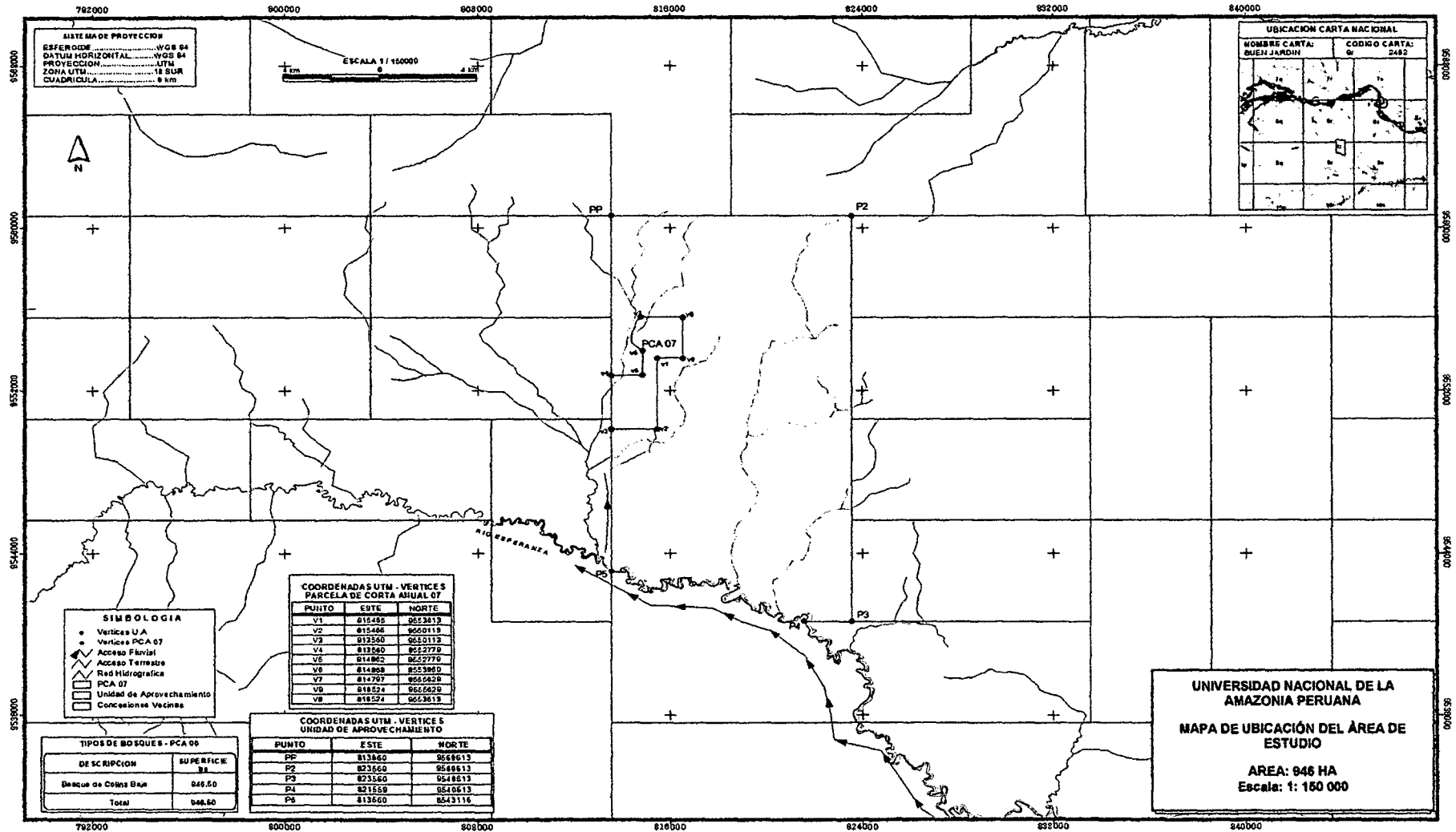


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio