



**UNAP**

**Facultad de  
Ciencias Forestales**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ECOLOGÍA DE  
BOSQUES TROPICALES.**

**TESIS**

**“ALMACENAMIENTO DE CARBONO DE LA BIOMASA AÉREA DE UN BOSQUE  
DE COLINA BAJA DE LA CUENCA DEL RIO OROZA, LORETO, PERÚ. 2016”**

**Autor:**

**WALTER LEYVIS VASQUEZ ARISTA**

**IQUITOS – PERÚ**

**2019**



**UNAP**

**Facultad de  
Ciencias Forestales**

**ACTA DE SUSTENTACIÓN**

**DE TESIS Nº 787**

Los miembros del Jurado que suscriben, reunidos para evaluar la sustentación de tesis presentado por el Bachiller **WALTER LEYVIS VASQUEZ ARISTA**, titulada: **"ALMACENAMIENTO DE CARBONO DE LA BIOMASA AÉREA DE UN BOSQUE DE COLINA BAJA DE LA CUENCA DEL RIO OROZA, LORETO, PERU. 2016"**, formuladas las observaciones y analizadas las respuestas,

la 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, 24 de julio 2017

**Ing. ÁNGEL EDUARDO MAURY LAURA, Dr.**  
Presidente

**Ing. WILLIAM PINEDO CRUZ, M.Sc.**  
Miembro

**Ing. JARLIN ARELLANO VALDERRAMA**  
Miembro


**Ing. RILDO ROJAS TUANAMA**  
Asesor

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONÍA PERUANA  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES  
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ECOLOGÍA

"ALMACENAMIENTO DE CARBONO DE LA BIOMASA AÉREA DE UN BOSQUE DE  
COLINA BAJA DE LA CUENCA DEL RIO OROZA, LORETO, PERÚ. 2016"

MIEMBROS DEL JURADO

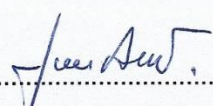
A mis queridos y amigos  
Walter Vásquez y Clarancia  
por su apoyo incondicional a  
de toda mi carrera



.....  
Ing. Angel Eduardo Maury Laura, Dr.  
Reg. CIP No. 44895  
Presidente



.....  
Ing. William Pinedo Cruz, M. Sc.  
Reg. CIP No. 19630  
Miembro



.....  
Ing. Jarlin Arellano Valderrama  
Reg. CIP No. 65945  
Miembro



.....  
Ing. Rildo Rojas Tuanama, M.Sc.  
Reg. CIP No. 86706  
Asesor

## **DEDICATORIA**

A nuestro señor Dios todo poderoso  
por darme la vida y guiar cada uno de mis  
pasos por el sendero de bien.

A mis queridos y amados padres  
Walter Vásquez y Clemencia Arista  
por su apoyo incondicional a lo largo  
de toda mi carrera.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios Padre Todopoderoso, por iluminar mi camino hacia la consolidación profesional y familiar.

Al señor Abilio Córdova Huanin, por permitirme trabajar en la parcela de corta anual N° 09, su concesión N° 16-IQU/C-J-208-04, cuenca del río Oroza.

Al Ing. Carlo Nino Vega Gonza, consultor de la concesión forestal N° 16-IQU/C-J-208-04, por su apoyo con los consejos en el mejor desarrollo de la tesis.

A mis hermanos Jair, Jiner, Karin y a mi querida abuela Sara que aún tengo la dicha de tenerla viva por sus apoyos constantes que hicieron posible continuar mis estudios hasta culminarlos.

A todas aquellas personas que de una u otra manera me apoyaron en la realización de esta tesis.

**ÍNDICE**

	<b>PÁG.</b>
LISTA DE CUADROS .....	iv
LISTA DE FIGURAS .....	v
RESUMEN .....	vi
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. EL PROBLEMA .....	3
2.1. Descripción del problema.....	3
2.2. Definición del problema.....	4
III. HIPÓTESIS .....	5
3.1. Hipótesis general.....	5
IV. OBJETIVOS.....	6
4.1. Objetivo general.....	6
4.2. Objetivos específicos .....	6
V. VARIABLES .....	7
5.1. Identificación de variables, indicadores e índices .....	7
5.2. Operacionalización de variables. ....	7
VI. MARCO TEÓRICO .....	8
6.1. Antecedentes .....	8

6.2. Marco teórico .....	9
VII. MARCO CONCEPTUAL .....	15
VIII. MATERIALES Y MÉTODO .....	17
8.1. Lugar de ejecución .....	17
8.1.1. Accesibilidad .....	17
8.1.2. Clima .....	18
8.1.3. Fisiografía.....	18
8.1.4. Hidrografía.....	18
8.2. Materiales y equipo .....	19
8.3. Método .....	19
8.3.1. Tipo y nivel de investigación.....	20
8.3.2. Población y muestra .....	20
8.3.3. Procedimiento .....	20
8.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	23
8.5. Técnica de presentación de resultados .....	23
IX. RESULTADOS .....	24
9.1. Composición de especies, géneros y familias botánicas.....	24
9.2. Parámetros dasométricos .....	26
9.3. Biomasa aérea y carbono almacenado.....	28
X. DISCUSIÓN .....	32

XI.	CONCLUSIONES .....	34
XII.	RECOMENDACIONES.....	35
XIII.	BIBLIOGRAFÍA.....	36
	ANEXOS .....	43



**LISTA DE CUADROS****Descripción**

<b>N°</b>		<b>Pag.</b>
1.	Variables e indicadores e índices.	7
2.	Coordenadas planas de la PCA 9 de la concesión con fines maderables 16-IQU/C-J-208-04.	17
3.	Composicion forestal del área en estudio.	24
4.	Número total y porcentaje de arboles por especie.	25
5.	Número de árboles (ind/ha), área basal (m <sup>2</sup> /ha) y volumen por hectarea (m <sup>3</sup> /ha) del área de estudio.	27
6.	Biomasa aérea y carbono almacenado en la zona de estudio.	28

**LISTA DE FIGURAS****Descripción**

<b>Nº</b>		<b>Pag.</b>
1.	Mapa de ubicación de la parcela de corta anual 09 en la cuenca del río Oroza.	44
2.	Distribución del almacenamiento de carbono en especies del bosque de colina baja del área de estudio.	29
3.	Carbono almacenado por clase diamétrica en el bosque de colina baja del área de estudio.	30
4.	Distribución por clase diamétrica del carbono almacenado en la zona de estudio.	31

## RESUMEN

La investigación se realizó con los datos del inventario registrados en un bosque de colina baja en la parcela de corta anual número 9 de la concesión con fines maderables 16-IQU/C-J-208-04 ubicado en la cuenca del río Oroza, Loreto. El objetivo fue cuantificar el almacenamiento de carbono en la biomasa aérea de las especies forestales comerciales del bosque de colina baja. Se reporta un total de 1926 individuos distribuidos en 20 especies, 20 géneros y 14 familias botánicas. Fueron reportados 5,82 ind/ha, 2,12 m<sup>2</sup>/ha y 23,84 m<sup>3</sup>/ha en este bosque, siendo *Virola* sp. “cumala” la especie con mayor abundancia, área basal y volumen maderable con 1,61 ind/ha y con 0,53 m<sup>2</sup>/ha y 6,41 m<sup>3</sup>/ha. En cuanto a la biomasa aérea y carbono almacenado, *Virola* sp. “cumala” presenta los mayores valores con 476,26 t/ha y 476,26 tonC/ha, respectivamente. En el BCB se encontró un total de 2288,27 tonC/ha de carbono almacenado en la biomasa aérea de los árboles forestales comerciales del área de estudio.

**Palabras claves:** Número de individuos, biomasa aérea, almacenamiento de carbono.

## I. INTRODUCCIÓN

Los bosques desempeñan un papel tan esencial en la mitigación del cambio climático, debido a su capacidad para absorber el carbono atmosférico, que se calcula que la deforestación y los cambios en el uso del suelo equivalen actualmente a más del 20% de las emisiones antrópicas de gases de efecto invernadero, o incluso el doble en algunos países tropicales. Así que preservarlos no solo beneficia a quienes viven directamente de ellos, los bosques proporcionan medios de subsistencia a más de 1 500 millones de personas, especialmente en los países menos industrializados, y son el hogar de más del 80% de la biodiversidad terrestre, es decir, que el equilibrio climático global también depende de ellos (ONU, 2015).

Las alteraciones naturales o de origen antropogénico en los bosques naturales, liberan dióxido de carbono; por lo que tienen la cualidad de disminuir la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera (Honorio, 2009b). Dadas las múltiples evidencias de los impactos negativos en los climas locales y mundiales (IPCC, 2007), resulta de gran interés estimar el almacenamiento de carbono en la vegetación (Higuchi et al., 2005), donde los árboles grandes (DAP > 10 cm) son el componente más importante de la biomasa en los bosques amazónicos (Chave et al., 2003); por el que hoy en día se ha vuelto un aspecto de gran relevancia para su conocimiento.

En la parcela de corta anual en la cuenca del río Oroza se encuentra el bosque de colina baja, donde el conocimiento de la biomasa y del carbono es escaso

y/o nulo a pesar de su utilidad para realizar propuestas de uso sostenible. Es necesario mejorar esta situación avanzando en la estimación del almacenamiento de carbono en la biomasa aérea forestal con la mayor exactitud posible. Así proporcionar información científica a los centros académicos, de investigación, gobiernos locales, regionales y comunidades, para generar políticas ambientales orientadas a recuperar y manejar los bosques que es conveniente para los habitantes de la región y para el mundo entero.

## II. EL PROBLEMA

### 2.1. Descripción del problema

Una buena gestión de los bosques asegura la supervivencia de los ecosistemas forestales y mejora sus funciones medioambientales, socioculturales y económicas. También puede aumentar al máximo la contribución de los bosques a la mitigación del cambio climático, así como ayudar a los bosques y a las poblaciones que dependen de ellos a adaptarse a las nuevas condiciones originadas por el cambio climático.

Es así, que los bosques tropicales juegan un rol importante en el ciclo del carbono global porque contribuyen a regular la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera y, por lo tanto, la tasa del cambio climático. Se estima que las emisiones de carbono debido a la deforestación tropical representan aproximadamente 20% de las emisiones totales generadas por las acciones humanas (1,6 Gt C/año; Denman et al., 2007).

En el Perú, el cambio de uso del suelo o deforestación causa el 47% de emisiones de gases de efecto invernadero, convirtiéndolo en el principal agente del cambio climático. Una forma de mitigar este problema es a través del almacenamiento de carbono en bosques primarios y bosques secundarios como una alternativa para disminuir los efectos de la acumulación excesiva de gases de efecto invernadero en la atmósfera y sobre todo mayor importancia

por la necesidad de estimar las cantidades de CO<sub>2</sub> que podrían ser emitidas a la atmosfera en casos de deforestación de otros bosques.

Actualmente, se reconoce que los bosques han funcionado como sumideros de carbono en las últimas décadas, es particularmente crítica la falta de información en el Perú y sobre todo en bosques de colina baja que cuenta con muy pocos estudios de cuantificación del almacenamiento de carbono en la biomasa aérea.

## **2.2. Definición del problema**

El almacenamiento de carbono en la biomasa aérea del bosque de colina baja de la parcela de corta anual 09 de la cuenca del río Oroza, permitirá al concesionario plantear propuestas de servicios ambientales en su área de manejo.

### **III. HIPÓTESIS**

#### **3.1. Hipótesis general**

El almacenamiento de carbono de la biomasa aérea de las especies forestales comerciales varia en un bosque de colina baja de la parcela de corta anual 09 de la cuenca del río Oroza en Loreto, Perú.



## **IV. OBJETIVOS.**

### **4.1. Objetivo general**

Cuantificar el almacenamiento de carbono en la biomasa aérea del bosque de colina baja de la parcela de corta anual 09 de la cuenca del río Oroza, Loreto – Perú.

### **4.2. Objetivos específicos**

- Identificar las especies forestales que componen el bosque de colina baja de la parcela de corta anual 09, en la cuenca del Oroza.
- Determinar la biomasa aérea del bosque de colina baja de la parcela de corta anual 09, en la cuenca del Oroza.
- Determinar el almacenamiento de carbono en la biomasa aérea del bosque de colina baja de la parcela de corta anual 09, en la cuenca del Oroza.

## V. VARIABLES

### 5.1. Identificación de variables, indicadores e índices

Esta investigación consideró como variable independiente a las especies forestales comerciales, teniendo ésta dos indicadores: el volumen comercial y la biomasa aérea. La variable dependiente está referida al stock de carbono siendo su indicador el carbono almacenado.

### 5.2. Operacionalización de variables.

**Cuadro 1.** Variables, indicadores e índices.

VARIABLES	INDICADORES	ÍNDICES
<b>– Independiente</b> Especies forestales comerciales	Volumen comercial Biomasa aérea.	m <sup>3</sup> /ha t/ha
<b>– Dependiente</b> Stock de carbono	Carbono almacenado.	tC/ha

## VI. MARCO TEÓRICO

### 6.1. Antecedentes

El papel de los bosques secundarios es importante, no presentan cantidades altas de biomasa con comparación con los bosques primarios, pero pueden constituir sumideros de carbono debido a la fase en que se encuentran (recuperación y crecimiento) en la cual capturan dióxido de carbono y lo almacenan en sus estructuras (Vásquez y Arellano, 2012).

Se estima el carbono almacenado multiplicando el peso de la biomasa seca por un factor que varía de 0,45- 0,55. Esta cifra indica la proporción de carbono en el material vegetativo. Generalmente se usa el valor de 0,50 conocido por fracción de carbono (Brown *et al.*, 2007; Gibbs. *et al.*, 2007, MINAM 2009 y Aragao *et al.*, 2009), quiere decir que, el 50% de la biomasa seca es carbono (Honorio, 2009a).

Asimismo, Baker *et al.* (2004) citado por Pallqui *et al.* (2014), en un estudio sobre composición y biomasa aérea en la Reserva Nacional de Tambopata utilizando también especies con dap mayor e igual de 10 cm, indica que los rangos de biomasa aérea para los bosques amazónicos en el Perú oscilan desde los 216.96 y 299.20 t ha<sup>-1</sup>. Asimismo, Lopez-Gonzalez *et al.* (2012) también citado por Pallqui *et al.* (2014), estimaron un promedio de 252.2 ± 11.04 t ha<sup>-1</sup> para los bosques maduros de la Amazonía peruana.

En un estudio realizado en la Reserva Nacional Allpahuayo Mishana evaluando árboles con dap mayor e igual de 10 cm en un bosque afectado

por vientos huracanados se reporta un almacenamiento de carbono de 107,62 tC/ha y 63,24 tC/ha tanto en bosque primario y bosque secundario, respectivamente. Asimismo, la biomasa aérea del bosque primario y bosque secundario fueron de 215,24 t/ha y 126,49 t/ha, respectivamente (Dossantos, 2014).

Vega (2016), en el bosque de colina baja en la cuenca del río Napo reporta un total de 602,93 tC/ha. El mayor almacenamiento de carbono en este bosque se encuentra en los árboles de 100 a 150 cm de DAP (74,15 %), las clases de <100 cm Dap, también tienen un papel fundamental en el almacenamiento de carbono. *Cedrelinga cateniformis* con 583,02 t/ha (43,11%) es la que presenta la mayor cantidad de biomasa aérea.

Finalmente, este autor indica que la especie *Cedrelinga cateniformis* con 291,51 tC/ha presenta la mayor cantidad de almacenamiento de carbono en el bosque de colina baja, seguidas de las especies *Virola sp.* (213,88 tC/ha), *Simarouba amara* (58,78 t/ha), *Aniba sp.* (27,60 tC/ha) y *Cedrela odorata* (11,16 tC/ha).

## **6.2. Marco teórico**

### **Biomasa aérea y carbono**

Los árboles grandes (DAP > 10 cm) son el componente más importante de la biomasa en los bosques amazónicos (Chave et al., 2003), se considera el compartimiento más importante en proyectos de almacenamiento de carbono (Zapata et al., 2003). Chave (2001), señala que los árboles mayores de 30

cm de diámetro retienen de 70-80 % de carbono. Siempre se debe tener en cuenta que el 50% de la biomasa seca es carbono (Honorio, 2009a).

Brown et al.(1996), citado por Schlegel (2001) mencionan que la cantidad de carbono almacenado es muy variable y depende del tipo y estado del desarrollo del bosque; por lo tanto, la estimación de la biomasa de un bosque es un elemento de gran importancia debido a que ésta permite determinar los montos de carbono que puede ser liberado a la atmósfera, almacenado y fijado en una determinada superficie.

La estimación del almacenamiento de carbono permite establecer la cantidad de dióxido de carbono que puede ser liberado a la atmósfera por la deforestación (Polzot, 2004). Por el que, el carbono almacenado hace referencia a la cantidad de carbono que se encuentra en un ecosistema vegetal, en un determinado momento. El carbono almacenado en la biomasa aérea de los árboles es normalmente la fuente más grande y el más directamente afectado por la deforestación y la degradación, el cual; es el paso más crítico en la cuantificación las reservas de carbono de los bosques tropicales (Brown et al., 2007).

## **6.2. Metodologías para determinar la biomasa de los árboles**

Evaluar los servicios ambientales con énfasis en el almacenamiento de carbono, involucra plantear la metodología más adecuada que permita cuantificar el carbono, tanto de la biomasa presente en la vegetación superficial.

### **6.2.1. Método destructivo**

El método destructivo consiste básicamente en: 1) La cosecha de la totalidad de la vegetación, 2) Estimación de la biomasa aérea seca y 3) Modelos de regresión, que relacionan la masa seca de algunos árboles con otras variables (DAP, altura, peso específico de la madera, entre otras). Los modelos obtenidos se utilizan para estimar la biomasa del árbol, en un área conocida, dependiendo de las posibilidades del estudio. Como dice su nombre, el método destructivo consiste en la extracción física de los árboles, proceso que consume gran cantidad de tiempo y recursos (Brown, 1992).

### **6.2.2. Método no destructivo.**

Se realizaron estimaciones a partir de información básica de inventarios y de imágenes satelitales, que no implica el corte o volteo del árbol; es rápido, puede ser muestreado un mayor número de árboles, reduciendo así el error muestral en comparación al muestreo destructivo (Hairiah et al., 2001).

Esta metodología es la mejor aproximación y por ende se usa en la mayoría de investigaciones de cuantificación de biomasa de los bosques tropicales (Zapata et al., 2003), permite hacer estimaciones indirectas de la biomasa usando ecuaciones alométricas. El diámetro del árbol es una variable relativamente fácil de medir en campo y estima muy bien la biomasa (Chave et al., 2005); sin embargo, para hacer comparaciones de almacenamiento de carbono entre diferentes lugares o tipos de bosque es necesario considerar otras variables como la altura de los individuos y la densidad de la madera.

### **6.3. Modelos alométricos**

Consisten en la estimación de la biomasa arbórea de manera no destructiva mediante la estimación de la biomasa con datos dasométricos tomados de campo o de los inventarios forestales realizados en el ecosistema. Para ello se debe contar con funciones que estimen la biomasa seca de los árboles. Estas funciones son los modelos alométricos. Las ecuaciones son generadas a partir de los análisis de regresión, donde se estudian las relaciones entre la biomasa (peso seco) de los árboles y sus datos dimensionales (altura, diámetro, densidad) (MINAM 2009).

### **6.4. Estimación del peso de carbono en la biomasa**

Se estima el carbono almacenado multiplicando el peso de la biomasa seca por un factor que varía de 0,45- 0,55. Esta cifra indica la proporción de carbono en el material vegetativo. Generalmente se usa el valor de 0,50 conocido por fracción de carbono (Brownet al., 2007; Gibbs. et al., 2007, MINAM 2009 y Aragao et al., 2009), quiere decir que, el 50% de la biomasa seca es carbono (Honorio, 2009a).

### **6.5. Stock de carbono**

García-Oliva y Ordóñez (1999), menciona que en efecto los flujos y stock de carbono en un ecosistema forestal, donde el follaje, las ramas, las raíces, el tronco, los desechos, los productos y el humus estable son almacenes de carbono, mismos que se reincorporarán al ciclo por descomposición y/o quema de la biomasa forestal.

Cuando se cuantifica el stock de un bosque, se muestrea: a) la biomasa viva almacenada en las hojas, las ramas, el fuste y las raíces; b) la necromasa almacenada en la hojarasca y la madera muerta; y c) el carbono en la materia orgánica del suelo. Por lo que debemos recordar que podemos estimar la cantidad de carbono de un componente del bosque determinando su peso seco, donde existe una pequeña variación en la relación entre el peso seco y la cantidad de carbono de las diferentes especies tropicales (Elias y Potvin, 2003).

El fenómeno del cambio climático se ha denominado a las variaciones en el patrón del clima por la intervención humana. Esta alteración ha modificado el balance de la atmósfera en su capacidad de permitir la radiación mediante el ingreso de los rayos solares y la irradiación con la que se expulsa el calor solar al espacio.

Se ha identificado que la alteración del balance para la radiación y la irradiación atmosférica procede de las modificaciones de los gases denominados gases de efecto invernadero, los cuales intervienen en esos procesos de atrapar y expulsar el calor solar. Los gases de efecto invernadero son principalmente el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el metano ( $\text{CH}_4$ ), el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), los clorofluorocarbonos (CFC), el ozono ( $\text{O}_3$ ) y el vapor de agua. En el último siglo, varias actividades humanas tales como cambios en el uso de la tierra y el uso de combustibles fósiles han causado preocupación debido al calentamiento global y el efecto



invernadero. El efecto invernadero se refiere al cambio de temperatura causado por un aumento en la concentración atmosférica de gases traza. Estos gases incluyen al dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), y metano (CH<sub>4</sub>). El CO<sub>2</sub> ha causado mayor preocupación debido a su incremento en la atmósfera. Algunas ideas que han surgido para minimizar la concentración de CO<sub>2</sub> incluyen el aumento en la eficiencia energética, aumento en el uso de energías renovables y secuestro de carbono.

El secuestro de carbono puede sonar como un término complicado, pero solo significa “almacenamiento” de carbono. El almacenamiento de carbono en ecosistemas de céspedes ocurre en el suelo. El dióxido de carbono es absorbido por las plantas a través de la fotosíntesis. A medida que la planta crece las raíces dejan de funcionar se degradan en el suelo y son almacenadas como materia orgánica (humus) en el suelo. La cantidad de carbono almacenada depende de varias variables que incluyen, el crecimiento de la planta, el tipo de suelo y las condiciones ambientales. En sistemas de céspedes, ambos, fertilización y riego han demostrado un incremento en los niveles de secuestro de carbono. Esto es debido a un aumento en la producción de biomasa de la planta lo cual se traduce en un aumento de la conversión de suelo a carbono a través del proceso llamado humificación. Los céspedes además proveen de una cobertura vegetal al suelo permanente dejando al suelo bajo ésta prácticamente sin disturbios. Esto reduce la erosión del suelo y mantiene al carbono estable en el suelo.

## VII. MARCO CONCEPTUAL

**Almacenamiento de carbono:** Acción que realizan las plantas de retener carbono en su estructura en forma de biomasa en un periodo de tiempo determinado (Orrego y Del Valle, 2001).

**Biomasa aérea:** material orgánico que existe por arriba del suelo (incluyendo hojas, varas, ramas, fuste y corteza) expresada como peso en kilogramos (Brown, 1997).

**Bosque primario:** Ecosistema caracterizado por la abundancia de árboles maduros, relativamente no afectados por actividades humanas (Rodríguez y Pratt, 1998).

**Carbono:** Elemento químico sólido y no metálico que se encuentra en todos los componentes orgánicos y algunos inorgánicos. En su estado puro se encuentra como diamante o grafito, su símbolo es C y su número atómico es 6 (Lino, 2009).

**Dióxido de carbono:** Gas inodoro e incoloro, ligeramente ácido y no inflamable, formada por un átomo de carbono y dos de oxígeno,  $O=C=O$ , (Lino, 2009).

**Ecuación alométrica de biomasa:** Herramienta matemática generada a partir de un análisis de regresión, permite conocer de forma simple la cantidad de

biomasa seca de un árbol por medio de la medición de otras variables como la altura, diámetro y densidad (Rügnitz et al., 2008).

**Stock de carbono:** Cantidad de carbono almacenada en los ecosistemas boscosos, principalmente en la biomasa viva y en el subsuelo, pero también, aunque en menor medida, en la madera muerta y la hojarasca. (IPCC, 2000).

## VIII. MATERIALES Y MÉTODO

### 8.1. Lugar de ejecución

La investigación se realizó con los datos del inventario registrados en la parcela de corta anual número 9 de la concesión con fines maderables 16-IQU/C-J-208-04 adjudicado al Sr. Abilio Córdova Huanin, ubicado en la cuenca del río Oroza. Políticamente se encuentra ubicado en la jurisdicción de la provincia de Maynas, departamento de Loreto. Las coordenadas planas (UTM) que enmarcan la PCA 9 son las siguientes (Figura 1 del Anexo):

**Cuadro 2.** Coordenadas planas de la PCA 9 de la concesión con fines maderables 16-IQU/C-J-208-04.

Vértices	Este (E)	Norte (N)
1	781650	9538370
2	781650	9536127
3	780175	9536127
4	780175	9538370

#### 8.1.1. Accesibilidad

Se accede al área partiendo desde la ciudad de Iquitos, por vía fluvial, en motonave fluvial, mediante el río Amazonas, bajando hasta llegar a la boca del río Oroza, transcurriendo un tiempo de 14 horas de viaje. De allí navegamos por

el mismo río (Oroza) por un espacio de 7 horas en peque peque de 9 hp hasta llegar a la Concesión, luego caminamos por un espacio de 1 hora hasta llegar a la parcela de corta anual 9.

### **8.1.2. Clima**

El clima del área de estudio, es cálido, húmedo y lluvioso. La temperatura promedio de la zona en que se ubica la concesión forestal en estudio fue de 28,95°C para el mes de noviembre de 2015 (min. 20,5°C y máx. 37,4°C); el mes más caliente fue noviembre con una media de 27,33°C; la precipitación alcanzó los 2827 mm/año, la época lluviosa comprende los meses de diciembre a mayo, el mes de mayor precipitación pluvial es el mes de abril con 326 mm y el de menor es julio con 169 mm; la humedad relativa promedio mensual fluctúa alrededor de 82% en octubre y 90% en mayo (CONAM, 2005; SENAMHI-LORETO, 2015).

### **8.1.3. Fisiografía**

El área del censo forestal, presenta una fisiografía de sistemas de colinas con pendientes entre 25 – 30% (especificaciones de pendiente altura) (**Programa Regional de Recursos Forestales y Fauna Silvestre, 2010**).

### **8.1.4. Hidrografía**

La red hidrográfica predominante en la parcela de corta N° 09 es el río Oroza y sus tributarios, que forman parte de la cuenca del río Napo.

## **8.2. Materiales y equipo**

**Materiales:** Los materiales utilizados en el levantamiento de la información biométrica son los siguientes:

Machete, forcípulas, ponchos para lluvia, botas de jebe, reloj o cronometro, wincha de 50 metros, libretas de campo simple, lapiceros, lápices con borrador, latas de pinturas esmalte anticorrosivo color rojo, latas de pinturas esmalte anticorrosivo amarillo, Brochas de 1" ½ de espesor, brochas de 4 pulgadas, pinceles de ½ pulgada, galones de tinner, combustibles, lubricantes y otros, pilas marca Duracell AA 1.5 V., plástico para campamento, botiquín de primeros auxilios.

### **Equipo de campo.**

Brújulas Suunto, GPS - Garmín (sistema de posicionamiento global), calculadora científica.

### **Equipo de gabinete.**

Computadora Pentium IV, papel Bond A4 de 80 g., imagen de satélite, Compaq Disc. USB, útiles de escritorio en general.

## **8.3. Método**

El método se desarrolló en función a los diferentes tipos de cálculos de estimación de biomasa aérea y almacenamiento de carbono en el bosque de colina baja de la parcela de corta anual 09 en la cuenca del río Oroza.

### **8.3.1. Tipo y nivel de investigación**

El tipo de investigación es descriptivo y de nivel básico.

### **8.3.2. Población y muestra**

#### **Población**

En esta investigación la población estuvo conformada por todos los árboles comerciales mayor e igual al diámetro mínimo de corta en la parcela de corta anual de 330,84 ha en un bosque de colina baja. La muestra fue igual a la población.

### **8.3.3. Procedimiento**

#### **Fase de pre-campo**

Se seleccionó la zona a través de imágenes de satélites donde se ubicaron los tipos de bosque, luego la recopilación de información en libros, documentos, revistas físicas como virtualmente y finalmente la coordinación para el ingreso al campo.

#### **Fase de campo**

Se realizó el inventario al 100%, en el que se tomó los datos del diámetro (DAP  $\geq$ DMC) que fue medido con cinta diamétrica, como lo sugiere Baker *et al.* (2004) como herramienta fácil de medir las irregularidades en la forma del tronco en la estimaciones de biomasa. La altura total del árbol correspondió a la longitud entre el ras del suelo y el ápice del árbol.

### **Fase post- campo**

En esta fase se tabularon los datos tomados en campo en el programa Microsoft Excel, donde se aplicó fórmulas para obtener los objetivos planteados.

#### **a) Estimación de la biomasa aérea seca**

Para estimar la biomasa aérea del bosque de colina baja de la parcela de corta anual 07 se aplicó el modelo para bosque húmedo tropical de Chave *et al.* (2005); asimismo, Honorio (2009a), recomienda emplear ecuaciones generadas localmente. Sin embargo, cuando se carece de ecuaciones locales se pueden emplear ecuaciones ya existentes, generadas en condiciones climáticas similares a la de la zona de estudio, que pueden dar resultados muy confiables (Clark *et al.*, 2001).

$$BA = \exp(-2,977 + \ln(\rho \times DAP^2 \times H)) \quad (1)$$

Dónde:

BA = biomasa aérea seca (kg)

$\rho$  = densidad básica de la madera ( $\text{g/cm}^3$ )

DAP = diámetro a la altura del pecho (cm)

H = altura (m).

Los valores de densidad básica de madera de las especies se tomaron de una base de datos creada principalmente para bosques de la amazonia y para especies tropicales, por Baker *et al.* (2004); Chave *et al.* (2006) y Zanne *et al.*



(2009); se utilizó el promedio general de densidad de la madera  $0,64 \text{ g/cm}^3$  para especies no identificadas, como lo utilizan Honorio (2009b); Honorio y Baker (2010) y Quinto (2010).

**b) Biomasa aérea seca en toneladas (t)**

$$\text{BAS} = \text{BA}/1000 \quad (2)$$

Dónde:

BA =biomasa aérea (t)

BA =biomasa aérea (kg)

**c) Biomasa aérea seca por hectárea (BA).**

Para obtener los valores de biomasa aérea de los árboles encontrados en las parcelas, se dividió por el área de la parcela en hectárea (López, 2002).

$$\text{BASH} = \text{BAS} \times (1/A)$$

Dónde:

BA = biomasa aérea seca en toneladas por hectárea (t/ha).

BA =biomasa aérea en toneladas (t).

A =área de la parcela (ha).

**d) Carbono almacenado**

La biomasa aérea se multiplicó por 0,5; debido a que la materia seca contiene en promedio de 50 % de carbono almacenado, el factor corresponde a una

constante de conversión recomendado por Chave *et al.* (2005); IPCC (2007) y Aragao *et al.* (2009), para ello se utilizó la siguiente fórmula:

$$C = BA \times 0,5 \quad (4)$$

Dónde:

C = carbono almacenado (tC/ha).

BA = biomasa aérea (t/ha).

#### **8.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La técnica utilizada en el estudio fue el censo forestal del bosque de colina baja de la parcela de corta anual 09 en la cuenca del río Oroza.

#### **8.5. Técnica de presentación de resultados**

La presentación de los resultados se plasmó a través de cuadros y figuras que facilitaron su descripción y la discusión con resultados de otros estudios relacionados a esta investigación.

## IX. RESULTADOS

### 9.1. Composición de especies, géneros y familias botánicas.

En el bosque de colina baja de la parcela de corta anual 09 en la cuenca del río Oroza, se reporta un total de 1926 individuos distribuidos en 20 especies, 20 géneros y 14 familias botánicas (cuadro 3).

**Cuadro 3.** Composición forestal del área en estudio.

Nº	Especie	Nombre Científico	Género	Familia
1	Andiroba	<i>Carapa guianensis</i>	Carapa	Meliaceae
2	Añuje rumo	<i>Anueria sp</i>	Anueria	Lauraceae
3	Capirona	<i>Calycophyllum spruceanum</i>	Calycophyllum	Rubiaceae
4	Casho	<i>Anacardium occidentale</i>	Anacardium	Anacardiaceae
5	Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	Cedrela	Meliaceae
6	Copal	<i>Protium puncticulatum</i>	Protium	Burseraceae
7	Cumala	<i>Virola sp</i>	Virola	Mirysticaceae
8	Lupuna	<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba	Malvaceae
9	Machimango	<i>Eschweilera sp</i>	Eschweilera	Lecythidaceae
10	Mari mari	<i>Hymenolobium sp</i>	Hymenolobium	Fabaceae
11	Marupa	<i>Simarouba amara</i>	Simarouba	Simaroubaceae
12	Moena	<i>Aniba sp.</i>	Aniba	Lauraceae
13	Palisangre	<i>Brosimum rubescens</i>	Brosimum	Moraceae
14	Pashaco	<i>Schizolobium sp</i>	Schizolobium	Fabaceae
15	Quillosa	<i>Vochysia densiflora</i>	Vochysia	Vochysiaceae
16	Quinilla	<i>Manilkara bidentata</i>	Manilkara	Sapotaceae
17	Shihuahuaco	<i>Dipteryx odorata</i>	Dipteryx	Fabaceae
18	Tangarana	<i>Tachigali sp</i>	Tachigalia	Fabaceae
19	Tornillo	<i>Cedrelinga cateniformis</i>	Cedrelinga	Fabaceae
20	Yacushapana	<i>Terminalia oblonga</i>	Terminalia	Combretaceae

Asimismo, *Virola* sp. “cumala” presenta el mayor número con 533 individuos que representa el 27,7%, seguido de *Eschweilera* sp. “machimango” con 285 individuos que representa el 14,8% del total (cuadro 4).

**Cuadro 4.**

Número total y porcentaje de árboles por especie.

<b>Especie</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
Cumala	533,0	27,7
Machimango	285,0	14,8
Quinilla	162,0	8,4
Pashaco	114,0	5,9
Quillosisa	105,0	5,5
Mari mari	97,0	5,0
Yacushapana	84,0	4,4
Tangarana	73,0	3,8
Palisangre	68,0	3,5
Añuje rumbo	63,0	3,3
Moena	61,0	3,2
Marupa	54,0	2,8
Andiroba	48,0	2,5
Cedro	36,0	1,9
Capirona	35,0	1,8
Shihuahuaco	33,0	1,7
Copal	30,0	1,6
Tornillo	20,0	1,0
Casho	19,0	1,0
Lupuna	6,0	0,3
<b>Total</b>	<b>1926,0</b>	<b>100,0</b>

## 9.2. Parámetros dasométricos

En el cuadro 5, se presenta los parámetros dasométricos más importantes del bosque de colina baja. El bosque reporta un total de 5,82 ind/ha, 2,12 m<sup>2</sup>/ha y 23,84 m<sup>3</sup>/ha. *Virola* sp. “cumala” es la especie con mayor número de individuos con 1,61 ind/ha y también esta especie presenta el mayor área basal y volumen maderable con 0,53 m<sup>2</sup>/ha y 6,41 m<sup>3</sup>/ha, lo que indica que esta especie está aprovechando de forma óptima los recursos del medio. Asimismo, *Ceiba pentandra* “lupuna” registra los menores parámetros dasométricos con 0,02 ind/ha, 0,01 m<sup>2</sup>/ha y 0,20 m<sup>3</sup>/ha.

**Cuadro 5.** Número de árboles (ind/ha), área basal (m<sup>2</sup>/ha) y volumen por hectárea (m<sup>3</sup>/ha) del área de estudio.

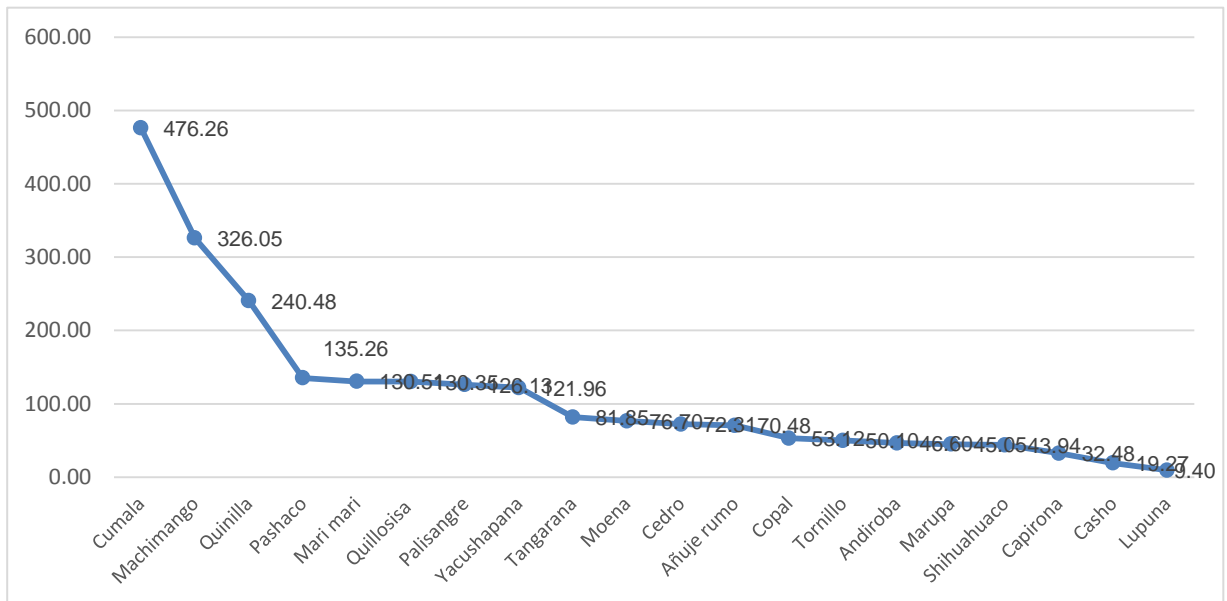
<b>Especie</b>	<b>Ind/ha</b>	<b>m<sup>2</sup>/ha</b>	<b>m<sup>3</sup>/ha</b>
Cumala	1,61	0,53	6,41
Machimango	0,86	0,27	2,74
Quinilla	0,49	0,15	1,67
Pashaco	0,34	0,15	1,55
Mari mari	0,29	0,12	1,39
Quillosisa	0,32	0,12	1,32
Palisangre	0,21	0,09	1,02
Yacushapana	0,25	0,10	1,01
Cedro	0,11	0,06	0,91
Tangarana	0,22	0,08	0,83
Marupa	0,16	0,07	0,76
Añuje rumbo	0,19	0,07	0,73
Moena	0,18	0,07	0,70
Tornillo	0,06	0,06	0,67
Andiroba	0,15	0,05	0,53
Copal	0,09	0,05	0,52
Capirona	0,11	0,03	0,31
Shihuahuaco	0,10	0,03	0,31
Casho	0,06	0,02	0,26
Lupuna	0,02	0,01	0,20
<b>Total</b>	<b>5,82</b>	<b>2,12</b>	<b>23,84</b>

### 9.3. Biomasa aérea y carbono almacenado

La especie que contiene mayor biomasa aérea en este bosque de colina baja de la cuenca del río Oroza, fue *Virola sp.* “cumala” con 952,51 t/ha y a su vez presenta la mayor cantidad de carbono almacenado con 476,26 tonC/ha. Asimismo, se totalizó 2288,27 tonC/ha de carbono almacenado en el área de estudio (cuadro 6, figura 2).

**Cuadro 6.** Biomasa aérea y carbono almacenado en la zona de estudio.

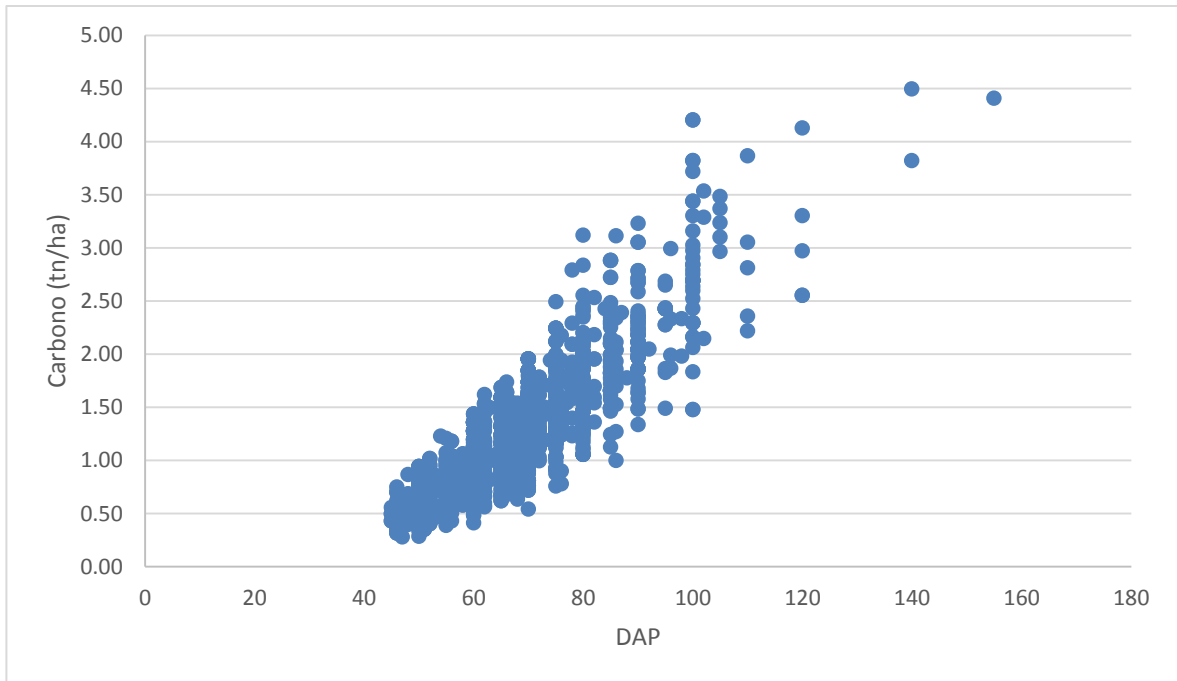
<b>Especie</b>	<b>Biomasa aérea (tn/ha)</b>	<b>Carbono (tn/ha)</b>
Cumala	952,51	476,26
Machimango	652,10	326,05
Quinilla	480,96	240,48
Pashaco	270,52	135,26
Mari mari	261,02	130,51
Quillosisa	260,69	130,35
Palisangre	252,25	126,13
Yacushapana	243,92	121,96
Tangarana	163,69	81,85
Moena	153,39	76,70
Cedro	144,62	72,31
Añuje rumbo	140,96	70,48
Copal	106,23	53,12
Tornillo	100,21	50,10
Andiroba	93,19	46,60
Marupa	90,11	45,05
Shihuahuaco	87,87	43,94
Capirona	64,95	32,48
Casho	38,53	19,27
Lupuna	18,80	9,40
<b>Total</b>	<b>4576,54</b>	<b>2288,27</b>



**Figura 2.** Distribución del almacenamiento de carbono en especies del bosque de colina baja del área de estudio.

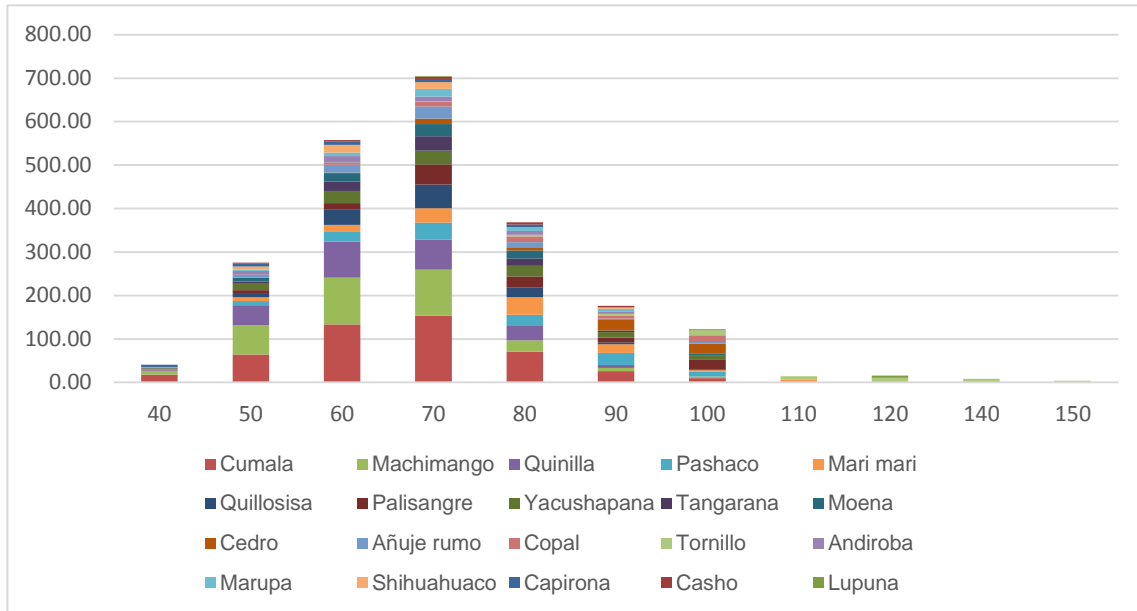
Los puntos azules (figura 3) reflejan el almacenamiento carbono por clase diamétrica en los árboles del bosque de colina baja en la cuenca del río Oroza. El mayor almacenamiento de carbono se encuentra en los árboles de menor diámetro, es decir entre 40 a 100 cm de DAP (92,80 %), las clases de >100 cm de dap, también tienen un papel fundamental en el almacenamiento de carbono. El diámetro de los árboles interviene en la capacidad de almacenamiento de carbono. Hay muchos árboles que se encuentran en la misma clase diamétrica sin embargo tienen una diferencia alta en cuanto al carbono que se encuentra almacenado, esta diferencia en parte se debe a la densidad de la madera que puede ser alta o baja ya que a mayor densidad mayor carbono almacena.





**Figura 3.** Carbono almacenado por clase diamétrica en el bosque de colina baja del área de estudio.

En cuanto al almacenamiento de carbono por especie y por clase diamétrica (figura 3), *Virola* sp. “cumala” presenta los mayores valores en las clases 60, 70 y 80 cm, mientras que *Eschweilera* sp. “machimango” posee el mayor almacenamiento de carbono en la clase de 50 cm con 67,03 tonC/ha, *Schizolobium* sp. “pashaco” en la clase de 90 cm con 27,84 tonC/ha y *Cedrela odorata* “cedro” en la clase de 100 cm con 23,43 tonC/ha.



**Figura 4.** Distribución por clase diamétrica del carbono almacenado en la zona de estudio.

## X. DISCUSIÓN

De acuerdo a los cuadros 5 y 6, se observa que *Virola* sp. es la especie con mayor número de individuos, volumen, biomasa aérea y mayor almacenamiento de carbono en este bosque.

Resultados que difieren a lo reportado por (Dossantos, 2014), en un estudio realizado en la Reserva Nacional Allpahuayo Mishana (107,62 tC/ha y 63,24 tC/ha) tanto en bosque primario y bosque secundario. Esta diferencia puede deberse a que en el estudio de Dossantos se evaluaron árboles con dap mayor e igual de 10 cm en un bosque afectado por vientos huracanados, mientras que en el presente estudio se procesaron y analizaron datos de un inventario al 100% o censo forestal de especies forestales comerciales.

Asimismo, Vega (2016), en un estudio en el bosque de colina baja en la cuenca del río Napo reporta un total de 602,93 tC/ha. La especie *Cedrelinga cateniformis* con 291,51 tC/ha presenta la mayor cantidad de almacenamiento de carbono en el bosque de colina baja, seguidas de las especies *Virola* sp. (213,88 tC/ha), *Simarouba amara* (58,78 t/ha), *Aniba* sp. (27,60 tC/ha) y *Cedrela odorata* (11,16 tC/ha).

Del mismo modo, el mayor almacenamiento de carbono en este bosque se encuentra en los árboles de 100 a 150 cm de DAP (74,15 %), las clases de <100 cm Dap, también tienen un papel fundamental en el almacenamiento de carbono. *Cedrelinga cateniformis* con 583,02 t/ha (43,11%) es la que presenta la mayor cantidad de biomasa aérea.

Estos datos también difieren con los resultados del presente estudio, considerando que *Virola sp.* “cumala” presenta la mayor cantidad de carbono almacenado con 476,26 tonC/ha. En el total existe una diferencia de casi 1500 tonC/ha de carbono almacenado comparado con el estudio de Vega.

Esta diferencia puede deberse al alto número de especies e individuos consideradas en presente estudio (20 especies que registraron un total de 1926 árboles). Asimismo, muchas de las especies presentan una alta densidad lo cual permite exceder el valor del almacenamiento de carbono.

## XI. CONCLUSIONES

- ✓ En el bosque de colina baja de la parcela de corta anual 09 de la cuenca del río Oroza se reporta un total de 1926 individuos distribuidos en 20 especies, 20 géneros y 14 familias botánicas.
- ✓ *Virola* sp. “cumala” presenta el mayor número con 533 individuos que representa el 27,7%, seguido de *Eschweilera* sp. “machimango” con 285 individuos que representa el 14,8% del total.
- ✓ Fueron reportados 5,82 ind/ha, 2,12 m<sup>2</sup>/ha y 23,84 m<sup>3</sup>/ha en este bosque, siendo *Virola* sp. “cumala” la especie con mayor abundancia, área basal y volumen maderable con 1,61 ind/ha y con 0,53 m<sup>2</sup>/ha y 6,41 m<sup>3</sup>/ha, lo que indica que esta especie está aprovechando de forma óptima los recursos del medio.
- ✓ La especie que contiene mayor biomasa aérea fue *Virola* sp. “cumala” con 476,26 t/ha y a su vez presenta la mayor cantidad de carbono almacenado con 476,26 tonC/ha.
- ✓ Se encontró un total de 2288,27 tonC/ha de carbono almacenado en el área de estudio.
- ✓ *Virola* sp. “cumala” presenta los mayores valores en las clases diamétricas de 60, 70 y 80 cm, mientras que *Eschweilera* sp. “machimango” posee el mayor almacenamiento de carbono en la clase de 50 cm con 67,03 tonC/ha, *Schizolobium* sp. “pashaco” en la clase de 90 cm con 27,84 tonC/ha y *Cedrela odorata* “cedro” en la clase de 100 cm con 23,43 tonC/ha.

## **XII. RECOMENDACIONES**

1. Realizar la estimación del almacenamiento de carbono en diferentes tipos de bosques que coadyuve a su conservación.
2. Estimar los cambios de carbono almacenado en la biomasa aérea a través del tiempo, mediante programas de monitoreo, que será muy importante para la comprensión de las variaciones de carbono y poder determinar cuáles son los factores que influyen en estos.
3. Mediante la aplicación de la metodología estimar el almacenamiento de carbono en el bosque amazónico, que servirá como paso fundamental para determinar los montos de CO<sub>2</sub> que puede ser liberado a la atmósfera o secuestrado en una determinada superficie.
4. Reforestar los ecosistemas con especies que almacenan mayor carbono, generando un alto valor de interés para la población y contribuir en la limpieza ambiental.
5. Desarrollar difusión sobre la estimación del almacenamiento de carbono y servicios ambientales que prestan los bosques, de tal manera que la compensación por servicios ambientales, beneficie a la población ribereña y de paso la población de Iquitos como un gran beneficiario de un aire más limpio y más oxigenado.

### XIII. BIBLIOGRAFÍA

- Achard F., Eva H., Stibig H., Mayaux J., Gallego J., Richards T., Malingreau J. 2002. Determination of deforestation rates of the world's humid tropical forests. *Science* 297: 999-1002.
- Aragao L., Malhi Y., Metcalfe D., Silva J., Jiménez E. and Vásquez R. 2009. Above- and below-ground net primary productivity across ten Amazonian forests on contrasting soils. *Biogeosciences Discuss.* 6: 2441–2488. <http://www.biogeosciences-discuss.net/6/2441/2009/>.
- Baker T., Phillips O., Malhi Y., Almeida S., Arroyo L., Di Fiore A., Killeen T., and Laurance S. 2004. Increasing biomass in Amazonian forest plots. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London.* 359: 353-365.
- Brown S. y Lugo A. 1992. Aboveground biomass estimates for tropical moist forest of the Brazilian Amazon. *Interciencia* 17: 8-18.
- Brown S., 1992. Biomasa en bosques de Lengua en la provincia de Última Esperanza, XII Región. Memoria de Título. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 63 p.
- Brown S. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer UN FAO Forestry Paper 134, Rome. 55 p. <http://www.fao.org/docrep/W4095E/W4095E00.htm>.
- Brown S. 2007. Seguimiento y estimación de los bosques tropicales carbon stocks: making REDD a reality las reservas de carbono REDD: hacer una realidad. Centro para la Sostenibilidad y el Medio Ambiente Global (SAGE), Nelson Instituto de Environmental Studies, University of Wisconsin, 1710

University Avenue, Madison, Estudios Ambientales de la Universidad de Wisconsin. 37 p.

Chave J., Condit R., Caspersen J., Foster R. and Hubbell S. 2003. Spatial and temporal variation of biomass in a tropical forest: results from a large census plot in Panama. *Journal of Ecology* 91: 240-252.

Chave J., Andalo C., Brown S., Cairns M., Chambers J., Eamus D., Folster H., Fromard F., Higuchi N., Kira T., Lescure J., Nelson B., Ogawa H., Puig H., Riera B. y Yamakura T. (2005). Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and biomass balance in tropical forests. *Oecología*. 145: 87–99.

Chave J., Muller-Landau H., Baker T., Easdale T., Steege H. y Campbell O. 2006. Regional and phylogenetic variation of wood density across 2456 Neotropical tree species. *Ecological Applications*, 16(6): 2356–2367.

Cifuentes M. 2008. Aboveground biomass and ecosystems carbon pools in tropical secondary forests growing in six life zones of Costa Rica. Tesis de Doctorado, Universidad del Estado de Oregón, Corvalis, EEUU.

Clark D, Brown S., Kicklighter, Chambers D., Thomlinson J. and Ni J. 2001. Measuring Net Primary Production in Forest: Concepts and Field Methods. *Ecological Applications* 11 (2) 356 – 370.

Concha Y., Alegre J. y Pocomucha V. 2007. Determinación de las reservas de carbono en la biomasa aérea de sistemas agroforestales de *Theobroma cacao*, en el departamento de San Martín, Perú. *Ecología aplicada* 6(1,2): 1726-2216.



- Dauber G., Terán J. y Guzmán R. 2000. Estimaciones de biomasa y carbono en bosques naturales de Bolivia. Superintendencia Forestal, Santa Cruz. 32 p.
- Dietz J. 2002. Variation and distribution of forest types on the southern foothills of the cordillera Cahuapanas, Alto Mayo, Perú. University of Bayreuth. Department of Biogeography. Germany. 27 p.
- F.A.O. 2001. Situación de los Bosques del Mundo. Depósitos de documentos de la FAO. Departamento de Monte. [www.fao.org/docrep/003/y0900s/y0900s06.htm](http://www.fao.org/docrep/003/y0900s/y0900s06.htm).
- Fearnside P. 2003. A floresta amazônica nas mudanças globais. Manaus: INPA, 134p.
- Gibbs H., Brown S., Niles J. and Foley J. 2007. Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: making REDD a reality. Centro para la Sostenibilidad y el Medio Ambiente Global (SAGE), Nelson Instituto de Environmental Studies, University of Wisconsin, 1710 University Avenue, Madison, Estudios Ambientales de la Universidad de Wisconsin, Madison. 13p.
- Gil J., Espinoza Y. y Obispo N. 2005. Relaciones suelo-planta-animal en sistema silvopastoriles. Revista Digital CENIAP HOY Número 9. ISSN: 1690-4117.
- Hairiah K.; Sitompul M.; Palm Ch. 2001. Methods for sampling carbon stocks above and below ground. International Centre for Research in Agroforestry. Southeast Asian Regional Research Programme. Bogor, Indonesia, en línea: <http://www.icraf.cgiar.org/sea>.

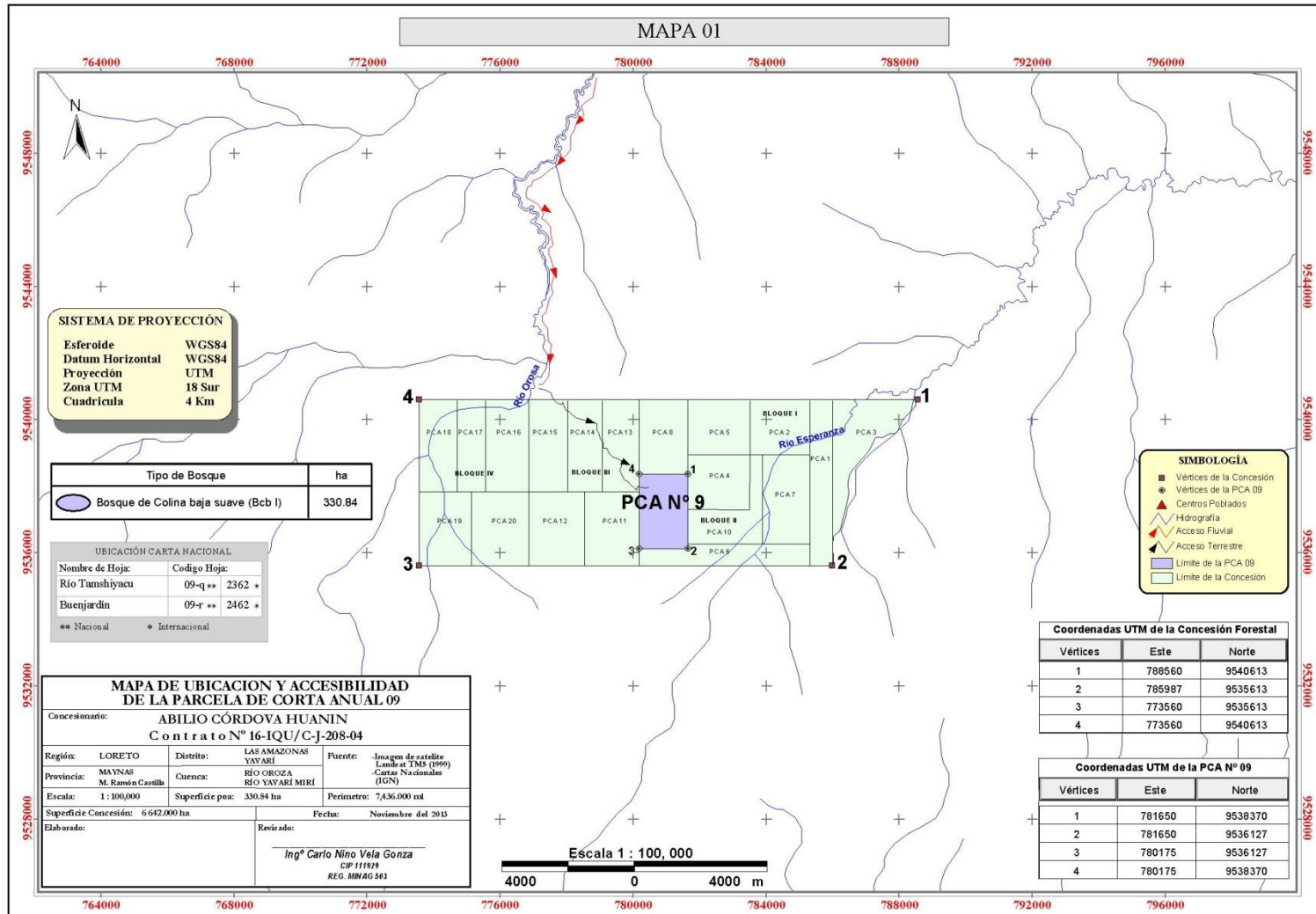
- Higuchi N., Dos Santos J., Tribuzy E., Lima N., Teixeira L., Carneiro V, Felseburgh C., Pinto F., Da Silva R., Pinto A. 2005. Noções básicas sobre manejo florestal. INPA, Manaus-AM. 306 pp.
- Higuchi N., Santos J., Ribeiro R.J., Minette L., Biot y. 1998. Biomassa da parte aérea da vegetação da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia brasileira. *Acta Amazonica* 28(2): 153-166.
- Honorio E. 2009a. Uso de las ecuaciones alométricas y el efecto de las variables en la estimación de la biomasa. Taller de análisis estadístico para apoyar el diseño de los inventarios de carbono. 27 p.
- Honorio E. 2009b. Taller de mediciones integradas de los flujos de carbono en la Amazonía. Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana. 15 p.
- Honorio E. y Baker T. 2010. Manual para el monitoreo del ciclo del carbono en bosques amazónicos. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana/ Universidad de Leeds. 54 p.
- IIAP, 2002. Estudio de línea biomasa aérea de secuestro de carbono en la cuenca del río Nanay. Iquitos- Perú. 281 p.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2000. Land use, Land-use Change, and Forestry. Cambridge University, Press, Cambridge, UK.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. Informe de síntesis. Contribución de los grupos de trabajo I, II y III al cuarto informe de evaluación del grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático. Pachauri, R. K. y A. Reisinger (eds). Ginebra, Suiza. 104 p.

- Lapeyre T., Alegre J. y Arévalo L. 2004. Determinación de las Reservas de Carbono de la Biomasa Aérea en diferentes sistemas de uso de tierra en San Martín, Perú. *Ecología Aplicada* 3(1,2): 35-44.
- Lino K. 2009. Determinación del stock de biomasa y carbono en las sucesiones secundarias de bolaina en la cuenca media del río Aguaytía, Ucayali, Perú. Tesis para optar el título de Ingeniera Forestal. Pucallpa. 70 p.
- López M., Koning F., Benítez P. 2002. Estimación de carbono en biomasa de bosques secundarios y plantaciones forestales en el Noroccidente de Ecuador. *Investigación de Bosques Tropicales. Proyecto CO2. Casillas 1925. Quito-Ecuador.* 17-21 p.
- MINAM, 2009. Identificación de Metodologías existentes para determinar stock de carbono en ecosistemas forestales. Segunda Comunicación Nacional del Perú a la CMNUCC. 99 p.
- Nelson B., Mesquita R., Pereira J., De Souza S., Batista G. y Couto L. 1999. Allometric regressions for improved estimate of secondary forest biomass in the central Amazon. *For ecol Manage* 117: 149-167.
- Orrego S. y Del Valle J. 2001. Existencias de tasas de incremento neto de la biomasa y del carbono en bosques primarios y secundarios de Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 31 p.
- Polzot C. 2004. Carbon storage in coffee agroecosystems of southern Costa Rica: Potential applications for the Clean Development Mechanism. Thesis, Faculty of Environmental Studies, Master in Environmental Studies York University, Toronto, Ontario, Canada. 149 p.

- Quinto H. 2010. Dinámica de la biomasa aérea en bosques primarios de Colombia y su relación con la precipitación y la altitud. Tesis de posgrado. Maestría en bosques y conservación ambiental. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Medellín. 75 p.
- Rifai S., Chambers J., Negrón R., Tello R., Ramirez F. and Alegría W. 2010. Sampling tropical forest tree species community assemblage along wind disturbance gradients in the Peruvian Amazon Current Progress. Tulane University. UNAP. INPA. NASA. 1 p.
- Rodríguez J. y Pratt L. 1998. Potencial de carbono y fijación de dióxido de carbono de la biomasa en pie por encima del suelo en los bosques de Costa Rica. Centro Latinoamericano para la Competitividad y el Desarrollo Sostenible. 69 p.
- Rügnitz M., Chacón M. y Porro R. (2008). Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales. Belém, Brasil. Consorcio Iniciativa Amazónica (IA) y Centro Mundial Agroforestal (ICRAF). 63 p
- Saatchi S., Houghton R., Dos Santos A., Soarez R. 2007, Distribución de la biomasa viva superficial en la cuenca del Amazonas. *Global Change Biology*, 13: 816-837.
- Sarmiento G., Pinillos M. and Garay I. 2005. Biomass variability in Tropical American Lowland Rainforests. *Ecotropicos* 18(1):1-20.
- Schlegel B. 2001. Estimación de la biomasa y carbono en bosques del tipo forestal siempreverde. Universidad Austral de Chile. 13 p.

- Tamani G. (2009). Variación de la biomasa aérea por la gradiente de iluminación, calidad y sanidad de los árboles del bosque inundable del río Nanay, Iquitos, Perú. 79 p.
- Urquiza J. 2010. Mapa de tipo de bosque y distribución de la parcela Allpahuayo Mishana. Facultad de Ingeniería Forestal-UNAP. Escala 1:5000. Imágenes de satélite Lansat TM 5, bandas 3,4,5, año 2001 Iquitos, Perú.
- Vargas R., Allen M., and Allen E. 2008. Biomass and carbon accumulation in a fire chronosequence of a seasonally dry tropical forests. *Global Change Biol.* 14: 109-124.
- Vásquez A. y Arellano H. 2012. Estructura, biomasa aérea y carbono almacenado en los bosques del sur y noroccidente de Córdoba - Colombia. 923- 961 p.
- Yepes A., Del Valle J., Jaramillo S. y Orrego S. 2010. Recuperación estructural en bosques sucesionales andinos de Porce (Antioquia, Colombia). *Rev. Biol.* 58: 427-445.
- Zanne A., López G., Coomes D., Ilic J., Jansen S., Lewis S., Miller R., Swenson N., Wiemann M., and Chave, J. 2009. Global Wood density database. Dryad. Identifier. <http://hdl.handle.net/10255/dryad.235>.
- Zapata M., Colorado G. y Del Valle J. 2003. Ecuaciones de biomasa aérea para bosques primarios intervenidos y Húmedos. Medición de la captura de Carbono en ecosistemas forestales tropicales de Colombia: contribuciones para la mitigación del cambio climático. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. 119 p.

# **ANEXOS**



**Figura 1.** Mapa de ubicación de la parcela de corta anual 09 en la cuenca del río Oroza.