

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**

**ESCUELA DE POSGRADO**



=====

**“DETERMINACIÓN DE LA CAPTURA DE CARBONO EN PLANTACIONES DE CAMU CAMU *Myrciaria dubia* H.B.K Mc Vaugh DE DIFERENTES EDADES EN EL DISTRITO DE YARINACocha, DEPARTAMENTO DE UCAYALI, PERÚ”**

=====

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN  
MEDIO AMBIENTE, GESTIÓN SOSTENIBLE Y RESPONSABILIDAD SOCIAL**

**ROGER VÁSQUEZ GÓMEZ**

**PUCALLPA – PERÚ**

**2018**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**  
**ESCUELA DE POSGRADO**



ANEXO Nº 4

**ACTA DE DEFENSA DE TESIS DE MAGISTER**

En la Sala de Grados de la Universidad Nacional de Ucayali siendo las 10.00 Horas, del día 19 de Julio de 2019, ante el Jurado de Tesis constituido por:

Dr. Carlos Panduro Carbajal ..... Presidente  
Dr. Edgar Juan Díaz Xúniga ..... Secretario  
Dr. Roca Armando Pisco Panduro ..... Vocal

El aspirante al GRADO DE MAGISTER o MAESTRO en Medio Ambiente, Gestión Sostenible y Responsabilidad Social

Mención.....

Don (ña) Roger Vásquez Tómez.....

Procedió al acto de Defensa:

a. Con la exposición de la tesis titulada:

"Determinación de la captura de carbono en plantaciones de Myrciaria dubia H.B.K. Mc. Vaughn (Canna canna) de diferentes edades en el distrito de Yurucacha, Departamento de Ucayali, Perú"

b. Respondiendo las preguntas formuladas por los miembros del Jurado y público asistente.

Concluido el acto de defensa, cada miembro del Jurado procedió a la evaluación del aspirante a Magíster, teniendo presente los criterios siguientes:

a) Presentación personal

- o) Exposición: el problema a resolver, hipótesis, objetivos, resultados, conclusiones, los aportes, contribución a la ciencia y/o solución a un problema social y Recomendaciones.
- c) Grado de convicción y sustento bibliográfico utilizados para las respuestas a las interrogantes del Jurado y público asistente.
- d) Dicción y dominio de escenario.

Así mismo, el Jurado plantea a la tesis **las observaciones** siguientes:

- Titulo
- Objetivos
- Tablas y figuras
- Conclusiones

Obteniendo en consecuencia el Maestría la Nota de 17 ( Diecisiete )

Equivalente a Aprobado, por lo que se recomienda señalar observaciones  
(Aprobado o desaprobado)

Los miembros del Jurado, firman el presente **ACTA** en señal de conformidad, en Pucallpa, siendo las... 10.15 horas del 19 de Julio del 2018

  
 PRESIDENTE

  
 SECRETARIO

  
 VOCAL

## DEDICATORIA

A Dios, quién me dio fe, fortaleza, y salud para terminar este trabajo de investigación.

A mis padres que en paz descansen Hipólito Vasquez del Águila y Leyla Gómez Marín por darme la vida y a quienes debo todo.

A mi esposa Peggy Pacheco Palma compañera fiel, por su apoyo constante, aun en los momentos más difíciles.

A mi hija Isabella Luana Vasquez Pacheco por ser mi luz en estos momentos e hijos Rogger Fitzgerald y Roggers Stevens Vasquez Rengifo por ser mis más grandes tesoros.

A mis hermanas Doris, Leonila, Limol, Patricia, Emilia, Raúl y Dennis por su apoyo.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Ucayali, por brindarme la oportunidad de realizar los estudios de maestría, a mis profesores de maestría que me dieron sus conocimientos para culminar mis estudios.

Al M. Sc. Antonio López Ucarieque, por el asesoramiento y consejos en el estudio experimental de este trabajo, con sincera gratitud a las personas que contribuyeron y brindaron valiosos aportes, críticas, constructivas, apoyo moral y material para la materialización de la tesis.

A los profesores de la Institución, por su apoyo y por la importante labor que realizan en las aulas.

Agradezco a todas las personas que contribuyeron con sus valiosas sugerencias y críticas constructivas para lograr la presente tesis.

## RESUMEN

El dióxido de carbono presente en la atmósfera es absorbido por las plantas, a través del proceso de fotosíntesis, la amazonia tiene cerca del 20% del suministro total de agua dulce, tiene el 56% de los bosques tropicales de la tierra, secuestran un promedio de 160 toneladas de dióxido de carbono por hectárea; la mayor parte de este volumen es liberado a la atmósfera al quemar la biomasa. Las plantaciones perennes, como palma aceitera, instaladas en áreas degradadas, pastos antiguos y bosque secundarios tienen coberturas vegetales con gran potencial de captura de carbono atmosférico, no existe información detallada de la captura de carbono en plantaciones de camu camu de diferentes edades. **Objetivos.** Determinar el potencial de captura de carbono de plantaciones de camu camu *Myrciaria dubia* H.B.K Mc Vaugh de diferentes edades en el distrito de Yarinacocha de la Región Ucayali. **Metodología.** Tipo de investigación, descriptivo, explicativo. La población fue de 2000 plantas de camu camu sembradas en la localidad de Santa Rosa de Yarinacocha, el cual se trabajó con 65 plantas. **Resultados.** La biomasa total por edades, en hojas de 5 y 10 años tienen 8,6%, de 15 años con 7,8%; biomasa de tallo de, de 5 años es 19,6 kg, de 10 años es 18,903 kg, y de 15 años es 21,687 kg. La ecuación alométrica encontrada fue 7,823. **Conclusiones.** La cantidad de carbono fijado por plantas de camu camu de 5, 10 y 15 años de edad, las de 15 años tienen mayor captura de carbono en tallos con 21,93 Kg/Carbono y en hojas hay mayor captura de carbono en plantas de 10 años. La cantidad de carbono por edades en camu camu, en plantas de 15 años la captura de CO<sub>2</sub> es 13,03 toneladas y de 5 a 10 años con 11,04 y 11,06 toneladas.

**Palabras claves:** Captura de carbono, camu camu, ecuación alométrica.

## ABSTRACT

The carbon dioxide present in the atmosphere is absorbed by plants, through the process of photosynthesis, the Amazon has about 20% of the total supply of fresh water, has 56% in the tropical forests of the earth, sequesters an average of 160 tons of carbon dioxide per hectare; Most of this volume is released into the atmosphere by burning biomass. Perennial plantations, such as oil palm, installed in degraded areas, old pastures and secondary forests have vegetation cover with great potential for atmospheric carbon capture, there is no detailed information, to capture carbon in camu camu plantations of different ages. Objectives. Analyze the carbon capture potential of *Myrciaria dubia* H.B.K Mc Vaugh plantations camu camu of different ages in the Yarinacocha district of the Ucayali Region. Methodology. Type of research, Descriptive, Explanatory. The population was 2000 camu camu plants planted in the town of Santa Rosa de Yarinacocha, which was worked with 65 plants. Results The total biomass by ages, in leaves of 5 and 10 years have 8,6%, of 15 years with 7,8%; 21-year-old stem biomass is 21 687 kg, 5-year is 19,6 kg; the total biomass of 5, 10 and 15. The allometric equation found was 7,823. Conclusions. The amount of carbon fixed by camu camu plants of 5, 10 and 15 years of age, of 15 years have 21,93 Kg/carbon. The amount of CO<sub>2</sub> by age in camu camu, in plants of 15 years, the capture of CO<sub>2</sub> is 13,03 tons and from 5 to 10 years with 11,04 and 11,06 tons.

**Keywords:** Carbon capture, camu camu, allometric equation

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación titulado “Determinación de la captura de carbono en plantaciones de camu camu *Myrciaria dubia* H.B.K Mc Vaugh de diferentes edades en el distrito de Yarinacocha, departamento de Ucayali, Perú”. Se orientó a determinar el potencial de captura de carbono de plantaciones de camu camu de diferentes edades en el distrito de Yarinacocha, esta problemática se presenta porque no existe información detallada, referente a la captura de carbono en especies arbustivas como es el caso de las plantaciones de camu camu de diferentes edades; a pesar de que actualmente existen más de 2000 has sembradas y con grandes posibilidades de expansión en suelos aluviales en el río Ucayali. Para tal efecto, se puso a prueba la siguiente hipótesis. Hi: “Las plantaciones de camu camu de mayor edad son los que capturan mayor cantidad de dióxido de carbono de la atmósfera”, bajo este contexto, se hicieron técnicas de campo y de laboratorios para obtener la cantidad de carbono de camu camu. El diseño muestral escogido fue del tipo descriptivo explicativo. La cual permitió recolectar los datos en un solo momento, en un tiempo único, según las características de las variables e indicadores propuestos en la hipótesis. Después de llevar a cabo el trabajo de campo, esta investigación se ha estructurado en cinco capítulos. El capítulo primero, aborda la descripción del problema, donde se da a conocer que el camu camu es una especie nativa de la amazonia y el interés por su fruto radica en su alta concentración de ácido ascórbico y la cantidad de carbono almacenado en plantaciones de camu camu. También se mencionan los objetivos generales, Hipótesis, la justificación Viabilidad y limitaciones. El capítulo segundo trata sobre los fundamentos teóricos del camu camu

(*Myrciaria dubia* HBK Mc Vaugh) que es un cultivo de importancia para los productores de la región Ucayali, así como la demanda nutricional del cultivo en cada etapa fenológica y la captura de carbono, han sido escasamente investigados. El capítulo tercero presenta el marco metodológico donde se habla del tipo de investigación realizado en base a un referente bibliográfico, también de los instrumentos de recolección de datos. El capítulo cuarto trata del camu camu que puede generar ingresos adicionales al camucultor, por concepto de servicios ambientales de captura de carbono, la cuantificación del stock de carbono de las estructuras vegetales (hojas y tallo) del camu camu arbustivo. Además de conocer algunas de sus características básicas, como el contenido de humedad. La información generada se utilizó como insumo básico para determinar la biomasa total aérea de la plantación de camu camu, para elaborar el diseño de la ecuación alométrica, y determinar la cantidad de carbono fijado por plantas de camu camu de 5, 10 y 15 años de edad respectivamente. En el capítulo quinto se hacen las discusiones y las conclusiones de los resultados obtenidos en la investigación.

**ÍNDICE**

	Pág.
Dedicatoria.	ii
Agradecimiento.	iii
Resumen.	iv
Abstract.	v
Introducción.	vi

**CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

1.1. Descripción del problema.	1
1.2. Formulación del problema.	3
1.3. Objetivo general y objetivos específicos.	4
1.4. Hipótesis y/o sistema de hipótesis.	5
1.5. Variables.	5
1.6. Justificación e importancia.	6
1.7. Viabilidad.	7
1.8. Limitaciones.	7

**CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

2.1. Antecedentes.	9
2.2. Bases teóricas.	20
2.3. Definiciones conceptuales.	47
2.4. Bases epistémicos.	49

### **CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO**

3.1.	Tipo de investigación	54
3.2.	Diseño y esquema de la investigación.	55
3.3.	Población y muestra.	55
3.4.	Instrumentos de recolección de datos.	56
3.5.	Técnicas de recojo, procesamiento y presentación de datos.	60

### **CAPÍTULO IV: RESULTADOS**

Resultados	62
------------	----

### **CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Discusión de resultados.	70
Conclusiones.	74
Sugerencias.	76
Referencias bibliográficas.	77
ANEXO.	91

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ciclo del carbono.....	21
<b>Figura 2.</b> Diagrama simplificado de los flujos y almacenes de carbono en un ecosistema forestal (Ordóñez, 1998 y 1999).	23
<b>Figura 3.</b> El ciclo terrestre del carbono: el carbono del suelo y el carbono global disponible. Según International Geosphere Biosphere Program (1988).....	25
<b>Figura 4.</b> Sitio donde se realizó la investigación correspondiente al distrito de Yarinacocha en la región Ucayali.....	54
<b>Figura 5.</b> Biomasa total del “camu camu” ( <i>Myrciaria dubia</i> H.B.K Mc Vaugh.).....	63
<b>Figura 6.</b> Distribución de la biomasa promedio del “camu camu” ( <i>Myrciaria dubia</i> ).....	63
<b>Figura 7.</b> Evaluación en metros por cada componente de “camu camu” ( <i>Myrciaria dubia</i> ).....	63
<b>Figura 8.</b> Evaluación en kilos por cada componente de “camu camu” ( <i>Myrciaria dubia</i> ).....	64
<b>Figura 9.</b> Carbono fijado en plantaciones por edades de “camu camu” ( <i>Myrciaria dubia</i> ).....	66
<b>Figura 10.</b> Determinación de biomasa contenido de carbono por planta y hectárea en “camu camu” ( <i>Myrciaria dubia</i> ).....	67
<b>Figura 11.</b> Determinación de captura de contenido de carbono por planta y hectárea en “camu camu” ( <i>Myrciaria dubia</i> ).....	67
<b>Figura 12.</b> Captura de CO <sub>2</sub> por planta y hectárea en “camu camu” ( <i>Myrciaria dubia</i> ) en plantaciones de 5, 10 y 15 años de edad.....	68

**LISTA DE TABLAS**

<b>Tabla 1.</b> Caracteres diagnósticos de las especies peruanas de <i>Myrciaria</i>	39
<b>Tabla 2.</b> Frecuencia y distribución de <i>M. dubia</i> en Perú en base a especímenes de herbarios USM, HUT, HAO, AMAZ, CUZ, HUSA y observaciones en el campo.	40
<b>Tabla 3.</b> Porcentaje de biomasa promedio de cada edad del “camu camu” ( <i>Myrciaria dubia</i> H.B.K Mc Vaugh.)	62
<b>Tabla 4.</b> Comparación de la biomasa entre la biomasa calculada por la ecuación alométrica en plantaciones de 5, 10 y 15 años en camu camu.	65
<b>Tabla 5.</b> Contenido de carbono en camu camu de 5, 10 y 15 años de edad.	65
<b>Tabla 6.</b> Captura de CO <sub>2</sub> por planta y hectárea en “camu camu” ( <i>Myrciaria dubia</i> ) en plantaciones de 5, 10 y 15 años de edad.	68
<b>Tabla 7.</b> Análisis de correlación múltiple de la medición de captura de carbono en “camu camu” ( <i>Myrciaria dubia</i> ).	68

## CAPÍTULO I

### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El dióxido de carbono presente en la atmósfera es absorbido por las plantas, a través del proceso de fotosíntesis. Por este medio, las plantas convierten la energía de la luz solar en energía química aprovechable para los organismos vivos. Así, los bosques almacenan grandes cantidades de carbono en la vegetación y el suelo, e intercambian carbono con la atmósfera a través de la fotosíntesis y la respiración (Wright, J.A.; Dinicola, T., and Gaitan, E. 2000).

En general, se acepta que el contenido de carbono corresponde al 50% de la biomasa. Sin embargo, diferentes estudios denotan la variabilidad del contenido de carbono según la especie y tejido del árbol. Se señala también que el rango más citado para el contenido de carbono en la biomasa es 43 a 58%. Se señala que el contenido de carbono en la biomasa arbórea se ve influenciado por la calidad del sitio y edad de las plantaciones (FAO, 1986). En las últimas décadas, la tierra viene sufriendo graves desequilibrios ecológicos debido a la contaminación ambiental, depredación de los bosques y al mal uso del suelo. Como consecuencia de estos fenómenos, se producen cambios climáticos significativos, uno de ellos se conoce como el “Efecto invernadero”, generado por la acumulación del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y que esto a su vez constituye uno de los factores importantes en el calentamiento global del planeta (CBD, 2003).

Los bosques naturales en el Perú comprenden una superficie total de 78 800 000 ha, de las cuales 74 200 000 ha se encuentran en la región de la Selva, 3 600 000 ha en la Costa y 1 000 000 ha en la Sierra. En términos económicos, los bosques de la Selva son importantes para el desarrollo económico del país y de las poblaciones locales asentadas en estos bosques. La principal causa de la destrucción de estos bosques en la actualidad y en el futuro es la deforestación, la misma que ha ocasionado hasta la actualidad la destrucción de 9,2 millones de ha (12% de la superficie boscosa), con un promedio anual de alrededor de 261 158 ha. deforestadas, a razón de 725 ha por día. La deforestación en el país se da en primer lugar por la agricultura migratoria (apertura de terrenos agrícolas), la extracción ilegal (apertura de caminos y retiro de especies valiosas), y los incendios forestales (FAO, 2017). El territorio de Ucayali es 10 241 100 ha, los bosques de producción es 3 743 325 ha, las tierras de comunidades nativas es 2 201 940 ha, las áreas deforestadas son de 627 064,40 ha, tasa anual 5,30%, año 2012, el Carbón vegetal al año 2010 fue 369 599 kg; al año 2104 será de 33 214 937,81 Kg (OEFA, 2016). En consecuencia, la deforestación, aparte de devastar la mayor reserva mundial de diversidad genética vegetal y animal; contribuye en una parte importante al calentamiento global del planeta (FAO, 1986).

La cuenca amazónica es la más extensa del planeta, con 7 165 300 km<sup>2</sup> de superficie. Contiene cerca del 20% del suministro total de agua dulce, excluyendo hielos polares, Tiene el 56% de los bosques tropicales de la tierra, manteniendo secuestrado un promedio de 160 toneladas de dióxido de carbono por hectárea; la mayor parte de este volumen es liberado a la atmósfera al quemar la biomasa (Guzmán, W., Arévalo L., 2003). Esta conversión de

ecosistemas naturales a agricultura, a través de la deforestación, es la mayor fuente de emisión de gases de efecto invernadero hacia la atmósfera en la zona de Ucayali. Sin embargo, las plantaciones perennes, como la palma aceitera, instaladas en áreas degradadas, pastos antiguos y bosque secundarios; es posible considerarles, coberturas vegetales con gran potencial de captura de carbono atmosférico (Lapeyre T., Alegre J., Arévalo L., 2004).

No existe información detallada, referente a la captura de carbono en especies arbustivas como es el caso de las plantaciones de camu camu de diferentes edades; a pesar de que actualmente existen más de 2000 has sembradas y con grandes posibilidades de expansión en suelos aluviales en la cuenca del Rio Ucayali; por estas razones, y considerando que el cultivo de camu camu puede generar ingresos adicionales al camucultor, por concepto de servicios ambientales de captura de carbono (García R., Paredes. Z., 1995); se ha evidenciado el problema principal con la siguiente interrogante: ¿Se puede conocer la captura de carbono de las plantaciones de camu camu de diferentes edades en el distrito de Yarinacocha, departamento de Ucayali?

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuál es el potencial de captura de carbono de las plantaciones de camu camu *Myrciaria dubia* H.B.K Mc Vaugh de diferentes edades en el distrito de Yarinacocha, departamento de Ucayali?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Se podrá conocer la biomasa total de plantas de camu camu de 5, 10 y 15 años de instalado respectivamente?
- ¿Se puede generar una ecuación alométrica que estime la cantidad de carbono capturado por plantas de camu camu de 5, 10 y 15 años de edad?
- ¿Cuál sería la cantidad de carbono fijado por plantas de camu camu de 5, 10 y 15 años de edad?

## **1.3. OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar el potencial de captura de carbono de plantaciones de camu camu *Myrciaria dubia* H.B.K Mc Vaugh de diferentes edades en el distrito de Yarinacocha, departamento de Ucayali.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Determinar la biomasa total de la plantación de camu camu de 5, 10 y 15 años de instalado respectivamente.
- Elaborar una ecuación alométrica que estime la cantidad de carbono capturado en camu camu de 5, 10 y 15 años de edad.
- Determinar la cantidad de carbono fijado por plantas de camu camu de 5, 10 y 15 años de edad.

## 1.4. HIPÓTESIS

### General

**Hi:** “Las plantaciones de camu camu de mayor edad son los que capturan mayor cantidad de dióxido de carbono de la atmósfera”

**H0:** “Las plantaciones de camu camu de menor edad son los que capturan mayor cantidad de dióxido de carbono de la atmósfera”

## 1.5. VARIABLES.

**VARIABLE INDEPENDIENTE:** Edad de la planta de camu camu

### Indicadores

- Plantaciones de camu camu de 5 años de edad.
- Plantaciones de camu camu de 10 años de edad.
- Plantaciones de camu camu de 15 años de edad.

**VARIABLE DEPENDIENTE:** Contenido de carbono en plantaciones de camu camu de 5, 10 y 15 años de edad.

### Indicadores

- Contenido de carbono en la biomasa total.

## 1.6. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

El carbono que se pierde en la atmósfera por la tumba y quema de los bosques tropicales, causa principal de la deforestación para muchos autores, es un componente mayor del ciclo de carbono; en consecuencia, la conversión de los bosques en tierras de cultivo y pasturas, resulta en un flujo neto de carbono a la atmósfera debido a que la concentración del carbono en los bosques es más alta que en las tierras agrícolas que los reemplaza (IIAP 2001). Por tanto, este estudio es de suma importancia y se justifica porque:

- Hasta la fecha no se ha realizado ningún trabajo de investigación objetivo para evaluar la captura de carbono en camu camu en nuestra región.
- Los resultados de la investigación sirven para tomar las precauciones del caso sobre los impactos ambientales, económicos y sociales en la captura de carbono el cual beneficiara a la población Ucayalina.
- Los análisis obtenidos a partir de esta investigación sirven para tomar las medidas correctas sobre los impactos ambientales que se da cuando no se conocen estudios sobre la captura de carbono en esta especie.
- Con los resultados de este trabajo ahora se tiene un aprovechamiento ordenado y racional de los recursos agrícolas al conocer el potencial de captura de carbono del camu camu en la región Ucayali.

## 1.7. Viabilidad

El presente trabajo de investigación es viable debido que:

- Técnicamente es viable por la metodología directa que se aplicó al derribar las plantas de diferentes edades, pesando las hojas y tallo para determinar la captura de carbono en camu camu y por las facilidades que se brindaron al estudio.
- En la región existen plantaciones de camu camu de las campañas, 2003, 2008 y 2013 los cuales constituyen el objeto de estudio, en las cuales se pudieron aplicar los instrumentos de investigación necesarios; el mismo que finalmente se cuantificó el carbono fijado por las plantaciones de diferentes edades.
- Existe información bibliográfica para la búsqueda de sustento científico que corroboraron los resultados del presente estudio.
- El lugar de ejecución del presente estudio se ubicó en el caserío Santa Rosa margen izquierdo del lago Yarinacocha, lo cual aseguró una permanente accesibilidad, para la ejecución del proyecto.

## 1.8. Limitaciones

Para la realización de esta investigación se han tenido las siguientes limitaciones:

- Dado el momento de evaluación y aplicación de la metodología en la captura de carbono se han podido tomar los datos en época de vaciante del río, si hubiera sido en época de creciente hubiera dificultado el estudio.

- Existieron algunas limitaciones en esta investigación en la evaluación de la captura de carbono total del camu camu, dado por las edades evaluadas y por la cantidad suficiente de CO<sub>2</sub> asimilado durante todo el ciclo de crecimiento.
- Algunas limitaciones se presentaron en la disposición de los recursos humanos y financieros para la colecta y medición de biomasa total del camu camu y los correspondientes análisis del contenido de carbono.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES

##### A nivel internacional

Aceñolaza (2007), en su trabajo publicado “Estimación de Carbono en Tres Bosques de la Llanura Aluvial del Bajo Paraná (R. Argentina)”, menciona que el contenido de carbono almacenado en la biomasa aérea de los bosques de sauce fue de 113 Mg Carbono ha<sup>-1</sup>, de 79 Mg Carbono ha<sup>-1</sup> para el aliso y de 50 Mg Carbono ha<sup>-1</sup> para el timbó. Los valores del contenido de C orgánico del suelo de los primeros 30 cm. (COS) fue de 140 Mg Carbono ha<sup>-1</sup> para timbó, 52 Mg Carbono ha<sup>-1</sup> para sauce y 50 Mg Carbono ha<sup>-1</sup> para aliso. El suelo presentó menores valores de CO<sub>2</sub> en albardones marginales, asociado a texturas arenosas y permanencia de humedad edáfica. Al comparar el flujo de CO<sub>2</sub> por encima y en el suelo en los diferentes ecosistemas se encontró que el mantillo permanece más tiempo en albardones marginales, el contenido de CO<sub>2</sub> es alto en los albardones internos, más arcillosos, lo cual permite la protección del complejo arcillo húmico.

Ordoñez (2001), menciona que las actividades humanas, tales como el uso de combustibles fósiles para la producción de energía y los procesos derivados del cambio en el uso del suelo y silvicultura, están generando grandes emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), clorofluorocarbonados (CFC's), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y metano (CH<sub>4</sub>), principalmente, siendo el CO<sub>2</sub> uno

de los GEI más importantes por las grandes cantidades en las que se emite. La vegetación tiene la capacidad de asimilar el carbono e incorporarlo a su estructura, es decir, lo fija y lo mantiene almacenado por largos periodos, a través de la fotosíntesis. Por ello los bosques son sumideros de carbono. El trabajo tuvo como objetivo describir el proceso de captura de carbono en ecosistemas forestales y relación con el cambio climático.

Zamora (2003), en su tesis titulado Estimación del contenido de carbono en biomasa aérea en el Bosque de Pino del Ejido "La Majada" Municipio de Periban de Ramos, Michoacán, cuyo objetivo fue realizar una estimación del contenido de carbono almacenado en biomasa aérea, en el bosque de pino del ejido "La Majada" Municipio de Peribán, Michoacán. Obtuvieron resultados de estimación de contenido de carbono. Se consideró que es un valor significativo el cual el bosque nos ofrece a partir de una variedad de bienes y servicios; tales que se han aprovechado desde hace muchos años y que continuamente se busca mejorar su aprovechamiento para llegar a un mejor manejo de nuestros recursos forestales. Considerando los resultados de vol/ha y volumen total, se realizó la estimación del contenido de carbono almacenado en biomasa aérea, se observó que en el caso del género Pinus se tiene un almacén de 22,355 toneladas totales de carbono, para el género Abies que en este caso es el que mayor contenido de carbono almacenado tienen presenta 25,304 toneladas de carbono, en el caso del género Quercus se obtuvo un total de 1,292 toneladas de carbono y para otras hojosas tenemos que hay 6,379 toneladas de carbono. Tomando en cuenta los resultados anteriores, se observó que el ejido "La Majada" tiene un total de 55,329 tC., en una superficie de 1,010 Ha., considerando los cuatro diferentes géneros existentes dentro de esta área. Una vez que se conocen estos datos se observa el gran impacto

que tiene al aplicar un mal manejo a los bosques, la ambición y falta de conocimiento, es importante conocer todo los bienes y servicios que otorga el recurso, no solo en productos maderables, que es lo que a veces se conoce, sino que, también beneficios como: ecológicos, socioculturales y económicos.

Connolly (2007), en su trabajo de diploma “Cuantificación de la captura y almacenamiento de carbono en sistema agroforestal y forestal en seis sitios de cuatro municipios de Nicaragua”, menciona para la estimación de carbono fijado en fuentes de biomasa aérea, hojarasca y suelo, ubicaron parcelas rectangulares de 1 000 m<sup>2</sup> en los sistemas de café eco forestal, plantaciones energéticas y bosque seco con manejo de regeneración natural. En sistema de pino se utilizaron parcelas circulares de 1 000 m<sup>2</sup> con un radio de 17,84 m. Se procedió a inventariar e identificar las especies de plantas, se midieron la altura total (m.), diámetro normal (1,3 m.), diámetro basal (15 cm.). Dentro de la parcela, se ubicó una subparcela, con ayuda de un marco metálico de 1 m<sup>2</sup>; donde se tomaron muestras de hojarasca y suelo (profundidad de 0,30 cm). Para la estimación de la biomasa aérea, se utilizaron ecuaciones alométrica tanto generales como específica para cada especie. En hojarasca, se estimó la biomasa seca a través del peso húmedo y seco. La biomasa de las raíces, se estimó en base a un porcentaje (15%) con respecto a la biomasa aérea. Para el cálculo de carbono orgánico de la biomasa aérea y raíces, se utilizó un factor por defecto de 0,5.

Quiceno y Tangarife (2013), mencionan que los datos de la producción de hojarasca sugieren que las variables más significativas en la producción fueron la época de muestreo la cual debe considerarse en la variabilidad de la cantidad de biomasa y contenido de carbono acumulado en el bosque. La metodología de Brown *et al.*, (1989) y la aplicación de su ecuación permitió

obtener estimaciones confiables del contenido de biomasa de 95,206 t/ha., para el bosque natural del resguardo indígena Piapoco Chigüiro - Chátare. Este bosque muestra una alta capacidad de almacenamiento de carbono 47,603 t/ha., pero también se demostró que estos ecosistemas presentan alto riesgo ya que la intervención antrópica los convierte en generadores de CO<sub>2</sub> y otros gases de efecto invernadero. Es importante determinar una línea base relacionada con contenidos de carbono en la biomasa de los bosques naturales, requiriendo el desarrollo de métodos científicos que permitan estimar la distribución de la biomasa en diferentes escalas espaciales, así como las incertidumbres asociadas. El área objeto de estudio presenta una amplia capacidad de mitigación (prevención) dada su importante superficie de bosque natural en actual producción maderable, no maderable y de servicios ambientales. Tener una aproximación al contenido de carbono de este bosque primario y conocer la dinámica del carbono en este ecosistema, abre una posibilidad de aprovechar un servicio ambiental, que está siendo necesitado a nivel mundial, y bien manejado genera beneficios a comunidades indígenas que se ha sustentado por años de este recurso.

### **A nivel nacional**

Guzmán y Arévalo (2003), en un estudio sobre servicios ambientales de almacenamiento de carbono, como activo para el desarrollo en la amazonia peruana concluyeron que existe gran potencial para lograr nuevas alternativas de desarrollo vía pago por servicios ambientales de captura de carbono; refieren que es importante solucionar algunas restricciones relacionadas al mayor conocimiento en aspectos silviculturales, falta de titularidad o carencia

de derecho de propiedad, desconocimiento de la diversidad biológica y recursos naturales de la amazonia. Concluyen que se deben hacer esfuerzos entre instituciones nacionales e internacionales de investigación, a fin de establecer metodologías uniformes y homogéneas de captura de carbono que involucren a valoración de beneficios por servicios ambientales de los bosques considerando la gran diversidad biológica en la amazonia peruana. En los años 90 se inició en Latinoamérica una corriente de investigación que apuntaba a determinar el valor económico de los beneficios ambientales del bosque, en la amazonia peruana uno de los trabajos pioneros es el de Smith et al 1997, efectuado en la cuenca del río Aguaytía (Ucayali) encontrándose mediante la aplicación de valorización contingente, un costo por tonelada de carbono de 0,51 a 1,88 dólares americanos, para agricultores dispuestos a preservar el bosque y de 1,14 a 1,36 dólares americanos por tonelada de carbono para agricultores dedicados a la agroforestería. La prioridad era determinar el valor económico que los agricultores que realizaban prácticas de tumba y quema, asignaban a los servicios del bosque dentro de los cuales se encontraban el servicio por captura de carbono.

Lapeyre y colaboradores (2004), determinaron las reservas de carbono de la biomasa aérea en diferentes sistemas de uso de la tierra en la región San Martín con la finalidad de conocer el potencial de captura de carbono. Los sistemas de uso tierra evaluados fueron: bosque primario y secundario de diferentes edades, sistemas agrícolas: maíz (*Zea mays*), arroz (*Oryza sativa*), pastos (*Brachiaria spp.*) y sistemas agroforestales con café (*Coffea arabica*) bajo sombra y cacao (*Theobroma cacao*). En cada uno de estos sistemas se establecieron 5 transectos y se evaluó la biomasa arbórea y se establecieron

cuadrantes también al azar para cuantificar la biomasa herbácea y la biomasa de hojarasca.

Huamán (2004), menciona que la conversión de bosques y uso de la tierra han sido los principales impulsores de la pérdida de reservas de carbono y el aumento de la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Los sistemas agroforestales son promovidos por su capacidad para retener el carbono en el suelo y la vegetación en los trópicos secos. Con el fin de cuantificar las existencias de biomasa y carbono en dos sistemas de producción con 44 genotipos de cacao, se llevaron a cabo evaluaciones en un sistema agroforestal con raleo selectivo del bosque (SAF) y un sistema de gestión tradicional (TMS), asociado a las especies forestales, ambos sistemas tienen 5 años de edad. Los sistemas se encuentran en la Estación Experimental "El Choclino" del Instituto de Cultivos Tropicales (ICT), Tarapoto, San Martín, Perú. El diseño experimental fue de parcelas divididas en bloques al azar, las parcelas principales fueron los sistemas y sub-parcelas fueron los genotipos de cacao. La biomasa total (todos los árboles se determinaron utilizando ecuaciones alométricas, la estimación de la biomasa y el cálculo de carbono secuestrado se realizaron mediante parámetros biométricos para los árboles vivos y muertos en pie, árboles muertos caídos; para el caso de cada uno de los genotipos de cacao, la estimación de la biomasa se basa en una ecuación alométrica. Los AFS tenían un almacenamiento de carbono más altos en el tejido aéreo (67,59 MTC/ha.), en comparación con TMS (28,44 MTC / ha.). No se observó diferencia significativa en las reservas de carbono en el cacao en sistemas ( $p = 0,798$ ), pero el cacao bajo el TMS representa el 23,3% del total de carbono en contraste con el AFS con una contribución del 9,8%, con 6,35 MTC / ha. y 6,63 MTC/ha., respectivamente, esta diferencia se debe a

la contribución diferencial de carbono de los árboles vivos. No se observó diferencia significativa entre los genotipos ( $p = 0,027$ ). El ICT -2501 genotipo (8,02 MTC / ha.) muestra más capacidad de almacenamiento en el AFS y el 2 652 las TIC (8,03 MTC / ha) en el TMS. Los genotipos de cacao son debido a las características taxonómicas de cada clon de cacao, del mismo modo a la topografía y el tipo de suelo.

López (2015), en su tesis “Valoración económica del servicio ambiental de captura de carbono en el fundo Violeta (distrito de Tahuamanu – Madre de Dios)” se desarrolló en la llanura amazónica del Suroriente peruano, en la zona biogeográfica Bosque Húmedo Tropical. Se planteó la comparación acerca de las capacidades como sumideros de carbono entre dos fundos: (i) un primer fundo con bosque primario (fundo Violeta) y (ii) un fundo con actividad agrícola (fundo vecino). Se utilizó la “Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales”; metodología desarrollada por el ICRAF. Incluye seis (06) etapas, las cuales se encuentran dos (02) trabajos de campo, los cuales se realizaron entre los años 2013 y 2014. El primero fue para realizar el cálculo de las parcelas a instalar según los depósitos de carbono seleccionados; y, el segundo, para la propia toma de muestras en los depósitos de carbono seleccionados. Los principales resultados del trabajo indican que existe una gran diferencia del aporte de entre la biomasa viva sobre el suelo (vegetación arbórea y vegetación no arbórea) y la biomasa muerta (detritos y hojarasca), siendo la biomasa viva sobre el suelo, mayor. También, se demostró que el stock de carbono capturado difiere para cada depósito de carbono seleccionado, siendo su capacidad, de mayor a menor, como sigue: en la vegetación arbórea, en la vegetación no arbórea y en la hojarasca. Sobre la base de ello, se puede concluir que el mejor sumidero de carbono está

representado por la vegetación arbórea, lo que indica hacia dónde deberían estar dirigidos los esfuerzos de conservación en la llanura amazónica del Suroriente peruano. El aporte de la investigación es tanto académico como social, debido a que no se presentan estudios a pequeña escala en el área mencionada. Se espera que esta investigación sea complementada por estudios posteriores en el distrito en cuestión que permitan tomar las mejores decisiones en aras del desarrollo sostenible y la conservación de los bosques.

Quitoran (2010), expresa que hay confluencia mundial, en la generación de nuevos paradigmas de desarrollo y conducta (individuales y sociales) sustentados en preceptos de sostenibilidad y equidad, este particular punto de urgente aplicabilidad. Las líneas sugeridas consideran: inventarios de emisiones, programadas de mitigación, investigación de base, promoción de la investigación, transferencia tecnológica, promoción y protección de sumideros, intercambio de información y participación ciudadana. Políticamente, en Kyoto 97 se propusieron medidas concretas, como la reducción de emisiones a niveles precedentes generación de mercados internacionales, facilitamiento de conocimiento, información, tecnología y financiamiento norte sur más la respuesta ha sido desigual, al punto que el protocolo permanecerá aun sin ser ratificado. Han resultado más exitosas las negociaciones de cuotas de emisión que involucra no solo estados sino organizaciones privadas que intermedien en este “mercado de derechos negociables de emisiones” se ha establecido una tasa de valuación “el CO<sub>2</sub> equivalente”. El potencial de absorción de carbono mediante actividades de forestación/reforestación depende de la especie, el lugar y el sistema de ordenación y, por consiguiente, es muy variable. Los índices normales de absorción, expresados en toneladas de carbono (tC) por hectárea y año, en el trópico es de 3,2 a 10 t de C. Los estudios realizados en

las regiones tropicales indican que sería posible absorber un volumen adicional de carbono, que se cifra en 11,5 a 28,7 t de CO<sub>2</sub> mediante la regeneración de unos 217 millones de ha de tierras degradadas. Únicamente un tercio de tierra ecológicamente adecuada podrá destinarse a actividades de forestación/reforestación. Los estudios de especies nativas han sido de gran aporte, pero todavía son escasos y relativamente recientes para permitir la toma de decisiones acertadas sobre la utilización de estas especies a mayor escala en programas de reforestación. Las experiencias preliminares en el mundo ponen de manifiesto el potencial que poseen estas especies nativas en los trópicos.

### **A Nivel regional**

Alegre (2000), muestra algunos resultados de las evaluaciones de las reservas de carbono y la emisión de gases contaminantes en un rango de diferentes sistemas de uso de la tierra que van desde foresta natural hasta sistemas intensivos de cultivos y sistemas agroforestales principalmente en suelos ácidos de los trópicos húmedos del Perú. El secuestro de carbono se estudió en la Amazonía Peruana: Yurimaguas y Pucallpa, con algunas diferencias en clima e intensidad de uso de la tierra. Ambos sitios estuvieron localizados sobre suelos Ultisoles de baja fertilidad y alta saturación de aluminio. La foresta y los barbechos antiguos tuvieron los contenidos más altos de C en Yurimaguas y Pucallpa. El nivel de C en todos los sistemas manejados es más bajo que el de los bosques naturales. Entre los sistemas manejados el contenido de C en los sistemas perennes con árboles fue más alto y fluctuó desde 41 t ha<sup>-1</sup> para la palma aceitera hasta 74 t ha<sup>-1</sup> para la

plantación de caucho (Pucallpa) y en el sistema agroforestal de multiestratos (Yurimaguas) estos valores fueron intermedios con  $59 \text{ t ha}^{-1}$ .

Concha y colaboradores (2001), menciona que en la amazonia del Perú han evaluado volúmenes de carbono secuestrado en seis tratamientos, sistemas agroforestales: bosque primario, bosque secundario, silvopastura, pastura y huerto casero en tres variantes ecológicas, fragmentando el muestreo en: a) biomasa arbórea, b) biomasa herbácea, c) hojarasca y d) estratos de suelo. En lo del carbono total, el tratamiento parámetro: bosque primario, reteniendo  $465,8 \text{ t C ha}^{-1}$ , supera en 58 % a los SAF's: huerto casero y café + sombra; en 74,3 % al cuarto, SAF silvopastura y 80 % al otro testigo extremo: pastura. Todos éstos, son estadísticamente iguales e inferiores al bosque primario ( $p < 0,01$ ). Resultó sumidero estable ( $p < 0,01$ ). Retiene la mitad del carbono total. Hay proporcionalidad inversa entre sumideros arbóreo y edáfico, función de su grado de cobertura arbórea; los aportes de biomasa herbácea y arbustiva (fresca y hojarasca), son pobres, entre 1 y 2 % y los de árboles muertos, considerables oscilantes en tratamientos bosque primario, bosque secundario y SAF café + sombra. Las diferencias de carbono secuestrado se deben a la proporción de la cobertura otorgada por la biomasa arbórea ( $p < 0,05$ ).

Martel (2012), manifiesta que, la llanura amazónica peruana se caracteriza por la presencia de múltiples formaciones vegetales. Éstas cada vez reciben mayor impacto por actividades antropogénicas tales como la minería y tala. Todo esto, sumado al cambio climático global, genera desconcierto sobre el futuro de los bosques. La identificación de niveles de carbono en áreas boscosas, y en cada formación vegetal, permitiría mejor manejo de zonas de conservación, así identificar áreas que servirían para

financiamiento de la absorción de carbono y otros servicios ambientales. En el CICRA se identificaron tres formaciones vegetales, el bosque de terraza, el bosque inundable y el aguajal. Siendo bosques terraza de mayor extensión y mayor cantidad de carbono acumulado. Se valorizó la vegetación en el CICRA, en alrededor de 11 millones de dólares americanos. La oferta de bonos de carbono promovería la conservación de los bosques.

Gorbitz (2011), dice que evaluó el potencial de *Calycophyllum spruceanum* b. para capturar carbono en plantaciones en dos zonas de la cuenca del río Aguaytía. Consistió en elaborar una ecuación alométrica mediante muestreo destructivo de 30 individuos de *Calycophyllum spruceanum* b., se midió el diámetro a la altura del pecho (DAP = 1,30 m.), el diámetro de la base (DB) y la altura total (H) de los árboles para utilizarlas como variables predictivas. La ecuación alométrica que mejor se ajustó para la determinación de la biomasa seca total fue la exponencial en la forma  $Bt = 0,072 \cdot D2^{1,642}$ , con un  $R^2$  mayor a 0,98. La investigación siguió con un muestreo estratificado de 35 parcelas temporales de 100 m<sup>2</sup>., 15 parcelas en el Estrato I o cuenca media y 20 parcelas en el Estrato II o cuenca alta. Se estimó la cantidad de carbono equivalente en la biomasa arbórea, herbácea y en la hojarasca en toneladas métricas por hectárea. El contenido de carbono es una función constante proporcional a la biomasa: 0,45. El carbono total almacenado en plantaciones de *Calycophyllum spruceanum* B., en la cuenca del Aguaytía es de 125,9 t Ceqlha; habiéndose registrado en el estrato 184,7 t de Ceqlha y en el Estrato II 156,8 t de Ceqlha. En el estrato I, el 74,4% se halló en la biomasa arbórea mientras que el 5,4% y 20,2% en la herbácea y hojarasca en el estrato II la biomasa arbórea representó el 82,7% mientras que el 2,6% y 14,7% en la herbácea y hojarasca respectivamente.

## **2.2. BASES TEÓRICAS.**

### **2.2.1. Fijación de dióxido de carbono**

Montoya (1995), dice que, a través de la fotosíntesis, la vegetación asimila CO<sub>2</sub> atmosférico, forma carbohidratos y gana volumen. Los bosques capturan y conservan más carbono que cualquier otro ecosistema terrestre y participan con el 90% del flujo anual de carbono de la atmósfera y de la superficie de la tierra.

Ordoñez (1999), describen que, con el manejo forestal es posible compensar las crecientes emisiones de CO<sub>2</sub> en dos formas:

- Creando nuevos reservorios de bióxido de carbono, restaurando áreas degradadas por plantaciones y/o regeneración natural, y por extracción de madera. Se almacena carbono a través del crecimiento de árboles y convertirla en productos durables. El carbono se mantendrá durante la vida del producto. Al extraer la madera, la regeneración actuará almacenando carbono por crecimiento. Los sistemas forestales y agroforestales captura en sus diferentes almacenes de 80 a 350 toneladas de carbono por hectárea.
- Protección de bosques y suelos. Con la destrucción del bosque se libera 50 a 400 ton/ha de carbono. “Mientras la protección de un área forestal puede inducir a la presión de otra, el manejo de recursos enriquecido con esquemas de evaluación de proyectos es requeridos para validar dicha protección”. Los aspectos técnicos pierden efectividad si no participa la población, dueños de recursos como los que consumen los productos derivados del bosque.

### 2.2.2. El ciclo del carbono

Ordoñez (1999), menciona que, este ciclo gira alrededor del bióxido de carbono, constituye la especie química en la atmósfera. El ciclo funciona a través de la fotosíntesis, respiración, emisiones por quema de combustibles fósiles y fenómenos naturales como erupciones volcánicas. El ciclo del carbono es responsable de  $\text{CO}_2$  contenido en la atmósfera, ya que es el mecanismo que equilibra las cantidades de carbono presentes en los diferentes reservorios o almacenes de carbono en el planeta. Se establece un balance de carbono a través de procesos fijadores/almacenadores de carbono. Oliva y García (1998), afirman que, en los ecosistemas terrestres, la vía más importante del flujo de carbono atmosférico a la vegetación y el suelo es biológica, por medio de la fotosíntesis y la descomposición. Este flujo involucra procesos interactuantes, los cuales mantienen el equilibrio dinámico del intercambio de gases atmósfera planta suelo (Figura 1), la deforestación puede afectar este equilibrio dinámico de intercambio de gases, es importante conocer cuáles son los mecanismos que lo controlan.



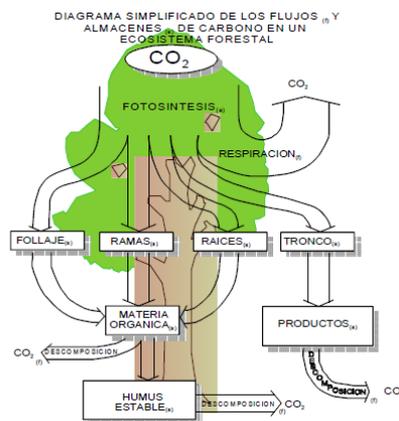
**Figura 1.** Ciclo del carbono.

Oliva y García-Oliva (1998), dice que, la incorporación del Carbono al ciclo biológico se da por fotosíntesis que produce energía bioquímica para procesos fisiológicos y formación de biomasa a partir del CO<sub>2</sub>, energía radiante y nutriente. El CO<sub>2</sub> es tomado de la atmósfera y su asimilación por la planta conocida. No todo el CO<sub>2</sub> asimilado es transformado a biomasa, una parte se regresa a la atmósfera por medio de la respiración que se lleva a cabo durante los procesos fisiológicos.

Castellanos y Col. (1991), afirman que el carbono fijado por plantas se transforma en moléculas móviles, para demandas fisiológicas y estructurales. Esta asignación determina las rutas por las cuales se dará posteriormente el flujo de carbono al suelo. Cada especie de planta asignará más Carbono para producir biomasa en la parte aérea o subterránea. Por ejemplo, la biomasa subterránea en la selva estacional representa entre 40 y 50% de la biomasa total, mientras que, en bosque templado y selva húmeda, la biomasa subterránea representa menos del 15%. La incorporación de carbono al suelo en ecosistemas naturales se da por: por el horizonte O (capa superficial de materia vegetal) y por la biomasa radicular. La velocidad de la descomposición de este material depende de las poblaciones microbianas del suelo y de las características del material vegetal. Cuando el material llega al suelo se descomponen en formas sencillas aumentando la actividad microbiana y se degrada los compuestos complejos con menor velocidad y actividad microbiana. La entrada de carbono nuevo al suelo es importante para mantener activas las poblaciones microbianas. El carbono nuevo es por medio de la vegetación, por lo que la producción y la fenología son otros mecanismos que controlan el flujo de CO<sub>2</sub> atmósfera - planta – suelo (Castellanos y Col. (1991).

### 2.2.3. Flujos y almacenes de carbono en ecosistemas forestales

IPCC (1994); cita que, el panorama del incremento de CO<sub>2</sub> atmosférico y la tendencia a que pueda aumentar más la tasa de emisión neta es desalentador. Es posible reducir las emisiones a la atmósfera por medio del ciclo biológico conocido como el ciclo del carbono. Estimar con precisión la dinámica de los flujos netos de carbono entre los bosques y la atmósfera es uno de los problemas abiertos importante en la discusión sobre cambio climático. Esto es resultado, del complejo ciclo biogeoquímico del carbono en los ecosistemas forestales; en efecto los flujos y almacenes de carbono en un ecosistema forestal, donde el follaje, ramas, raíces, tronco, desechos, los productos y el humus estable son almacenes de carbono, figura 2 mismos que se reincorporarán al ciclo por descomposición y/o quema de biomasa forestal (Lal, R., Kimble, I., Levine, E, Stewart, B.A. (eds) 1995).



**Figura 2.** Diagrama simplificado de los flujos y almacenes de carbono en un ecosistema forestal (Ordóñez, 1998 y 1999).

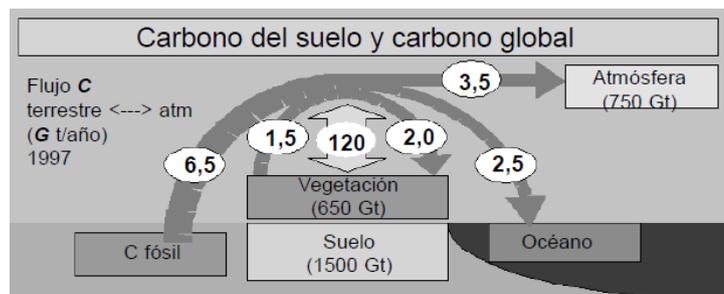
#### **2.2.4. Tendencia general de la captura de carbono en el suelo**

El incremento en la atmósfera de los llamados gases de invernadero (GHG) y el consecuente cambio climático tendrán efectos importantes en el siglo XXI. Los escenarios son inciertos, son de esperar serios efectos negativos, aunque se esperan también algunos efectos positivos por lo que es esencial que sean tomadas un cierto número de medidas para reducir las emisiones de gases de invernadero y para incrementar su captura en los suelos y en la biomasa. Para ello, deben ser desarrolladas estrategias y políticas apropiadas para el manejo de la agricultura y los bosques. Una opción se basa en la captura de carbono en los suelos o en las biomásas terrestres, sobre todo en las tierras usadas para la agricultura o la forestación. A partir del Protocolo de Kyoto esto se conoce como Uso de la Tierra, Cambio en el Uso de la Tierra y Forestación (LULUCF) y concierne los artículos 1.3 y 1.4 del Protocolo (IPCC, 2000).

La toma de acción para la captura de carbono bajo el Protocolo de Kyoto u otro tratado post-Kyoto no solo estimulará cambios en el manejo del suelo, sino que por medio de incremento en el contenido de materia orgánica tendrá efectos directos en sus propiedades e impacto positivo sobre cualidades ambientales o agrícolas y la biodiversidad. Las consecuencias incluirán una mayor fertilidad del suelo y productividad de la tierra para la producción de alimentos y para la seguridad alimentaria. Esta herramienta económica también hará que las prácticas agrícolas sean más sostenibles y ayudará a prevenir o mitigar la degradación de los recursos de la tierra (Houghton, R.A., Skole, D.L., Lefkowitz, D.S. 1991).

### 2.2.5. Carbono y materia orgánica en el suelo. El papel de los suelos en el ciclo del carbono

El ciclo terrestre del carbono se presenta en la figura 3, en este ciclo, el carbono orgánico del suelo representa la mayor reserva en interacción con la atmósfera y se estima en cerca de 1500 Pg C a 1 m de profundidad (cerca de 2456 a dos metros de profundidad). El carbono inorgánico representa cerca de 1700 Pg pero es capturado en formas más estables tales como el carbonato de calcio. La vegetación (650 Pg) y la atmósfera (750 Pg) almacenan considerablemente menos cantidades que los suelos (Greenland, 1994).



**Figura 3.** El ciclo terrestre del carbono: el carbono del suelo y el carbono global disponible. International Geosphere Biosphere Program (1988).

Los flujos entre el carbono orgánico del suelo o terrestre y la atmósfera son importantes y pueden ser positivos bajo la forma de captura o negativos como emisión de CO<sub>2</sub>. Históricamente se han notado grandes variaciones. Houghton (1995) estima que las emisiones correspondientes al cambio de uso de la tierra deforestación e incremento del pastoreo y de las tierras cultivadas fueron cerca de 140 Pg entre 1850 y 1990 (de 0,4 Pg/año en 1850 a 1,7 Pg/año en 1990), con una liberación neta hacia la atmósfera de 25 Pg de carbono. De acuerdo con IPCC (2000), la pérdida histórica de los suelos agrícolas fue de 50 Pg de carbono en el último medio siglo, lo cual representa un tercio de la

pérdida total del suelo y la vegetación (Azqueta, 1994). En el pasado, el desarrollo de la agricultura fue la principal causa del incremento de la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, pero hoy día, los contribuyentes son la combustión de combustibles fósiles por parte de la industria y el transporte (6,5 Pg/año) (Beaumont, R.E. y C.E. Merenson. 1999).

Mientras la deforestación de muchas áreas tropicales produce emisiones de carbono estimadas en 1,5 Pg/año, al mismo tiempo se produce acumulación en ecosistemas terrestres 1,8 a 2 Pg/año. Es conocido como el carbono faltante en el ciclo: un sumidero que podría estar situado en la parte norte del hemisferio norte. Los factores que actúan sobre la evolución de materia orgánica conciernen la vegetación ingreso de residuos, composición de las plantas, factores climáticos condiciones de temperatura y humedad y propiedades del suelo textura, contenido y mineralogía de arcilla, acidez (Alves, R. E., Filgueiras, H.A.C.; Moura, C.F.H.; Araújo, N. C. C.; Almeida, A S. 2002).

Otros factores relacionados con la fertilización del suelo (N, P o S) o con el riego, tienen efecto sobre la producción de las plantas y por lo tanto sobre el contenido de materia orgánica. La tasa de mineralización de la materia orgánica del suelo depende sobre todo de la temperatura y de la disponibilidad de oxígeno drenaje, el uso de la tierra, los sistemas de cultivo, el manejo del suelo y de los cultivos. En un tipo de suelo dado expuesto a prácticas constantes, se alcanza un casi equilibrio situación estable de la materia orgánica del suelo después de 30 a 50 años (Schindler, D.W. 1999).

En el contexto del combate del calentamiento global y del Protocolo de Kyoto, un punto importante es cómo crear en los suelos agrícolas de todo el mundo un sumidero de carbono bien cuantificado. Tal captura de carbono será relevante para los artículos 3.3 y 3.4 del Protocolo y también tendrá efectos

positivos adicionales para la agricultura, el ambiente y la biodiversidad (Belausteguigoitia J.C. y O.P. Soriano. 1996).

#### **2.2.6. Carbono almacenado.**

Según Arévalo L. *et al.*, (2000), mencionan que la cantidad de carbono secuestrado, se relaciona a la capacidad del bosque de mantener una cierta cantidad de biomasa por hectárea, la cual está en función a su heterogeneidad y está determinado por las condiciones de suelo y clima. Las plantas tienen la capacidad para almacenar el dióxido de carbono de la atmósfera, durante la fotosíntesis se fija el carbono, utilizan para generar el alimento para su crecimiento, estimándose que una hectárea de plantación arbórea absorbe 10 toneladas de carbono por hectárea/año de la atmósfera, dependiendo de las condiciones del lugar. Se asume que el 45% de la biomasa vegetal seca es carbono; existe en bosques una acumulación de carbono que no es liberado a la atmósfera y en ecosistemas de bosques tropicales la biomasa seca puede variar entre 150 y 382 t/ha., el carbono almacenado varía entre 67,5 a 171 t/ha (Alegre, J., Arévalo L., A. Ricse A, 2000).

#### **2.2.7. Secuestro de carbono.**

Es el proceso de fijación de carbono en forma continua, en cualquier sistema de uso de tierra como consecuencia de alguna intervención sobre áreas degradadas o en proceso de degradación. Los estimados de cantidades fijadas de carbono se expresan en toneladas de carbono por hectárea y año (TM/ha/año); se puede medir en diferentes sistemas de uso de tierra cuyos

antecedentes son conocidos por los agricultores; estos pueden ser: Bosques primarios, áreas quemadas, bosques secundarios de diferentes edades, pasturas, sistemas agroforestales, sistemas silvopastoriles, etc. (Arévalo, L., Alegre J., Palm, CH. 2003).

### **2.2.8. Biomasa en cultivos**

Un estudio sobre la producción de maíz obtuvo los siguientes datos sobre biomasa según el tipo de chacra: en una chacra de monte alto la biomasa fue de 6,36 t/ha., mientras que en la chacra procedente de un bosque secundario de 8 años fue de 6,04 t/ha. (Barbarán, 1998). Cada año, las raíces profundas de la *Brachiaria humidicola* y *Andropogon gayanus*, puede retirar de la atmósfera hasta 2 mil millones de toneladas de CO<sub>2</sub> uno de los “gases del efecto invernadero” las plantas verdes son pequeñas fábricas que utilizan la luz solar y el CO<sub>2</sub>, para producir materia orgánica. Este almacenamiento de materia orgánica no se había observado antes porque la materia orgánica se deposita en las extensas raíces de estas gramíneas a profundidades hasta de un metro en el suelo de sabana (CIAT. Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1995).

### **2.2.9. Dióxido de carbono en la atmósfera.**

El destino de la biosfera depende, en gran medida de la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmosfera. Desde el siglo pasado el hombre ha ocasionado con la industria, la agricultura y la tala de bosques, un rápido aumento del nivel CO<sub>2</sub> en el aire, de 290 a 340 ppm de 1850 a 1980 respectivamente. El contenido de

CO<sub>2</sub> el aire ha aumentado durante el último siglo, debido a la quema de combustibles minerales, fósiles y oxidación de materia orgánica en suelo, luego de la tumba y quema del bosque. La totalidad de contaminación del aire se debe a un 60 % a automóviles, 18 % a industria, 14 % a planta de energía, y 3 % a quemas agrícolas o forestales. Las emisiones de CO<sub>2</sub> contribuyen al calentamiento del planeta porque el CO<sub>2</sub> se dispersa como un “manto” alrededor de la tierra. Los rayos de sol penetran ese manto, el calor queda atrapado dentro de la atmosfera (Jacob y Vexkull, 1986).

#### **2.2.10. Métodos para medir la captura de carbono**

Existen dos métodos para medir o estimar la biomasa arbórea sobre el suelo:

##### **1. El método directo (o destructivo).**

Es utilizado para la construcción de ecuaciones alométricas y factores de expansión de biomasa, consiste en cortar uno o más individuos (árboles), determinar la biomasa por peso directo de cada uno de los componentes (fuste, ramas y hojas) y extrapolar los resultados para el área total (Ocampo A., 1985).

##### **2. El método indirecto.**

Consiste en utilizar ecuaciones o factores de expansión que permitan relacionar algunas dimensiones básicas obtenidas en campo (de fácil medición) con características de interés, de forma que no sea necesario medir estas

últimas. Por ejemplo, se puede calcular la biomasa total de un árbol mediante la medición de su diámetro. Estas ecuaciones son generadas por medio de una técnica estadística llamada análisis de regresión. Las ecuaciones alométricas para estimar biomasa arbórea por encima del suelo están en función del tipo de vegetación, especie medida (plantaciones forestales en monocultivo, purmas, bosques naturales, para árboles dispersos) y tipo de componente (Ocampo A., 1985).

Se aconseja emplear modelos específicos para cada especie y contruidos bajo condiciones similares a las del lugar donde se quieran aplicar, en términos de tamaño de árboles y densidad arbórea (Rugnitz M., Chacón M., Porro R., 2009). Segura y Kanninem (2001). Proponen uso de metodologías destructivas (muestreos para estimación en campo mediante la tumba de individuos) siguiendo criterios estadísticos y generación de modelos alométricos que incluyan variables DAP y biomasa aérea total. En estudios de biomasa, la medición de raíces representa un trabajo más tedioso con niveles bajos de precisión, algunos autores recomiendan utilizar valores reportados en literatura para bosques tropicales, donde el porcentaje de biomasa radical puede encontrarse en un rango entre 11 y 54 %, aportando en promedio 18 % de biomasa total (Segura, M.; Kanninen, M.; Alfaro, M.; Campos, JJ., 2000).

Se recomienda construir gráficos de puntos entre la variable dependiente y cada una de las variables independientes, para probar cuales modelos o ecuaciones de regresión explican mejor esta relación. Después se debe aplicar un análisis de varianza y escoger el o los modelos de mejor ajuste con la ayuda de algunos estadígrafos. Según, estos modelos pueden ser contruidos usando como mínimo una muestra representativa de treinta árboles (Sierra, C., 2001), estimó que la cantidad de carbono almacenado para diversos tipos de

bosques naturales, secundarios y plantaciones forestales, asume el valor de la fracción de carbono en materia seca en un 50% para todas las especies en general (Larrea, G. 2007).

#### **2.2.11. Estimación de las reservas de carbono.**

La reserva de carbono es la cantidad de carbono contenida en la biomasa llamada "almacén de carbono" ('stock' en la literatura en inglés). Varios almacenes de carbono pueden ser identificados dentro de los sistemas forestales. Estos incluyen el suelo, la madera viva de los árboles, la madera subterránea en raíces y materia orgánica muerta en superficie del suelo en el bosque. El carbono total almacenado en el ecosistema es simplemente la suma del carbono almacenado en diferentes almacenes o depósitos (Masera O; De Jong B; Ricalde I; Ordoñez J., 2000).

El almacén de carbono se expresa usualmente en toneladas de carbono por hectárea (t C/ha). A veces se emplean las unidades equivalentes de Mg ha<sup>-1</sup>. Es importante hacer la distinción entre carbono "almacenado" y carbono "capturado". El carbono almacenado es la cantidad total de carbono contenida por la biomasa, mientras que el carbono "capturado" o "secuestrado" es una medida del flujo dinámico del crecimiento anual de la biomasa. Conocido el peso seco de cada componente de los árboles es posible determinar el contenido de carbono. El contenido de carbono a nivel de especie puede variar desde 40,27 hasta 46,29 e incluso más de 50 %. Una ponderación específica e ínter específica de factores de contenido de carbono de raíces, fuste, ramas y hojas arroja una aproximación cercana al 50 %, dado un factor de proporcionalidad entre la biomasa forestal y su contenido de carbono, entre

0,45 y 0,5, siendo utilizado el factor de conversión de 0,45 sé que sugiriere que el 45% del peso anhidro de sus constituyentes sólidos es equivalente a contenido de carbono (Dávalos, R; Sotelo, E; Martínez, M. 2008).

En laboratorio el contenido de carbono de la biomasa seca se halla mediante los siguientes métodos:

- a. **Colorimétrico:** Se basa en oxidación mediante solución de dicromato de potasio en medio sulfúrico. Según la cantidad de reactivo en la reacción se calcula la equivalencia de carbono presente en la muestra, la determinación se realiza colorimétricamente midiendo la intensidad del color producido por iones de Cromo (Cr). Este método tiene la desventaja de que solo evalúa carbono orgánico (Dávalos, R; Sotelo, E; Martínez, M. 2008).
- b. **Calorimétrico:** consiste en combustión en seco de muestra pulverizada y homogenizada en horno, se obtiene energía total en Kcal kg, a moles de carbono potencial fijado mediante la relación de moles (g/peso molecular) y peso de muestra inicial, se determina fracción de carbono fijado. El método para estimación de cantidad de carbono es directo no trabaja con supuesto y el cálculo se basa en cantidad de energía que requiere para fijar una mol de carbono aproximadamente (Dávalos, R; Sotelo, E; Martínez, M. 2008).

#### 2.2.12. Elaboración de modelos matemáticos

Hay gran variedad de modelos matemáticos para realizar el análisis de regresión, utilizándose generalmente, modelos "alométricos" de la forma

$y = ax^b$ , donde "y" es biomasa (en toneladas, kilogramos, etc) y "x" es diámetro a 1,30 metros sobre el nivel del suelo (Ortiz, MA. 1993). Ortiz (1993) indica que los modelos alométricos se fundamentan en la hipótesis de que el crecimiento proporcional de alguna característica dimensional de un organismo (variable "y"), es una razón constante (el coeficiente "b") del crecimiento proporcional de alguna otra característica dimensional del mismo organismo, en este caso la variable "x". Puede linealizarse utilizando logarítmicos, el modelo permite la inclusión de altura del árbol como variable independiente o variables combinadas utilizando el diámetro y altura, por ejemplo,  $d^2 h$ . El modelo "alométrico" de razón constante puede modificarse a un modelo "alométrico" de razón variable de forma  $y=ax^be^{cx}$ , modelo que transformado logarítmicamente se expresa como:  $\ln y = \ln a + b \ln x + cx$ . La transformación logarítmica del modelo alométrico facilita el cálculo de coeficientes de regresión, y además se obtiene ecuaciones donde la varianza de los residuos se mantiene constante.

### **2.2.13. Suelos tropicales.**

Los suelos en los ecosistemas terrestres contienen 2 a 4 veces más carbono en forma de sustancia inerte, la producción neta primaria se encuentra entre 120 y 170 millones t/ha MS lo que equivale a 75 mil millones t/ha de carbono, de los cuales 2/3 son producidos en ecosistemas marinos (la misma cantidad de carbono se respira anualmente y retornada al medio ambiente como  $CO_2$ ., se determinó también que un tercio, y a veces la mitad o más, de la energía y carbono que se incorpora al bosque cada año, se encuentra en el suelo en forma de hojarasca (Gonzales, 2008). En el contenido de nutrimentos en hojarasca, el bosque primario proporciona mayor cantidad de nitrógeno (N)

que los otros bosques. El contenido de fósforo (P) es mayor en los bosques secundarios de 8 años y en el bosque primario que en los bosques pioneros; de igual manera los contenidos de potasio (K) y calcio (Ca) son mayores en el bosque primario. Se puede afirmar entonces que las hojarascas de monte alto es la que posee mayor concentración de nutrimentos. Entre los bosques pioneros, el primer barbecho forestal proporciona mayor contenido de hojarascas, la misma que tiene mayor contenido de N, P y Ca; el bosque en segundo barbecho forestal tiene mayor concentración de K y Mg en su hojarasca (Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE. 1997).

#### **2.2.14. Agricultura migratoria.**

En los bosques se tumban pequeños campos con hachas o machetes durante los periodos menos lluviosos se queman antes de las primeras lluvias. Sin mayor remoción de escombros se procede a sembrar cultivos como maíz, arroz, frijoles, yucas, plátano, etc. Los cultivos intercalados son muy comunes y hay cierto grado de deshierbos manuales. Después de la primera o segunda cosecha el campo se abandona y hay una regeneración rápida del bosque el barbecho secundario pueda crecer de 4 a 20 años antes de volver a ser cortado (Olguín, 2001).

En Perú la agricultura migratoria no difiere de otras regiones tropicales húmedas. El agricultor elimina la vegetación de sotobosques; tala los árboles, dejando los más grandes y el material cortado se seca origina combustión que suele ser solo parcial. Hace cultivos anuales durante dos o tres años. Al disminuir el volumen de la cosecha abandona el campo, que se recubre de vegetación herbácea y luego arbustiva y arbórea en una sucesión vegetal que

es interrumpida por un rozo y quema cuando el mismo u otro agricultor consideran que la fertilidad se ha restaurado el nivel suficiente como para hacer un nuevo periodo de cultivo. El lapso de barbecho varía menos de 5 años hasta 20 o más, dependiendo de la calidad de tierra, y en especial de la presión de los agricultores sobre ella. Aunque cada familia trabaje anualmente una extensión pequeña, apenas 1 o 2 ha, afecta extensiones enormes debido a la larga duración del periodo de descanso (Sánchez V, Baeza R, Galmarini M, Zamora M, Chirife J., 2011).

En estos sistemas de uso transitorio de la tierra se realiza una rotación de parcelas, en lugar de rotación de cultivos. Inicialmente la productividad del cultivo es elevada, pues con la quema de los nutrientes que se encontraban en la vegetación se incorporan al suelo, baja la acidez y aumenta la fertilidad del terreno. Un sitio dedicado a la agricultura migratoria puede ser reutilizado, cuando aumenta la población, se acorta los periodos de descanso y la fertilidad del suelo no se repone. El proceso debe derivar en que las tierras queden abandonadas y sujetas, apenas sacada la última cosecha, a severos procesos erosivos. La vegetación arbórea no se reimplanta bien, por erosión del área a quemas periódicas, en lugar de vegetación forestal secundaria, se instala son pastos naturales u otras herbáceas con escaso o ningún valor (Sobral, M. 1993).

#### **2.2.15. Sistemas agroforestales.**

La producción de dos o más cultivos en el mismo terreno durante uno o dos años, es una forma común de agricultura en trópicos húmedos. En fincas de pequeños agricultores predominan las mezclas de cultivos de ciclo corto,

temporales y permanentes; reflejando una combinación de especies en tiempo y espacio, similar a la naturaleza. Existe conocimiento de los agricultores sobre prácticas agroforestales, y son sujetos a mejorarlo en su diseño y manejo para incrementar la productividad de los sistemas (Navia, J., Velarde, J. 2002).

### **2.2.16. Características de la especie en estudio**

Clasificación Taxonómica

División: Fanerógama

Sub división: Angiosperma

Clase: Dicotiledónea

Orden: Myrtales

Familia: Myrtaceae

Género: *Myrciaria*; Especie: *Myrciaria dubia* H.B.K. Mc  
Vaugh

Nombre común: Camu camu (Perú), Guayabito (Venezuela), Cacari, araza de agua (Brasil) (Ministerio de Agricultura. 2000).

### **2.2.17. Género**

El género *Myrciaria* con 15 especies, familia *Myrtaceae* (Mirtáceas), sus especies distribuidas desde México hasta Uruguay. Especies arbustos o árboles, inflorescencias glomérulos axilares, 4 - 6 flores hermafroditas, perianto tetrámero con bracteolas fusionadas en un tercio de largo. El cáliz cae después de la antesis y las semillas desarrollan embriones con cotiledones fusionados (MINAGRI, 2000).

### **2.2.18. Origen y distribución geográfica**

El camu camu, especie nativa de la amazonia peruana, crece en las orillas de los ríos, cochas, lagunas y cursos menores de agua, permanecen cubierto con agua por más de cinco meses. Se localiza en fajas de riveras muy estrechas, como el río Nanay (unos 5 metros), amplias (100 m.) en río Putumayo (Pinedo y Col., 2001). Flores (1997), dice que esta especie se encuentra en la amazonia del Perú, Colombia, Brasil y Venezuela. Su distribución indica que las poblaciones y diversidad están en la amazonia. En el sur de Loreto, Ucayali, su ocurrencia es escasa, en contraste con camu camu arbóreo, ocurre abundantemente.

### **2.2.19. Morfología**

*Myrciaria dubia* (Kunth) Mc Vaugh, arbusto alto o árbol pequeño verde, de 3m de altura, se desarrolla en bosques ribereños inundados de la amazonia, al borde de ríos de aguas negras y cochas, forma densos parches en medio de vegetación semi-abierta. Tronco liso, diámetro de 10 - 15 cm y ramificado, basales; ramas delgadas y péndulas. Hojas opuestas, simples, enteras, sin estípulas y pecíolo de 1,5 - 3 mm de largo y 1 mm de ancho; láminas lanceoladas, de 4,5 - 10 cm de largo, 1,5 - 4,5 cm de ancho, ápice agudo, base redondeada y de glándulas. Haz de hoja verde oscuro, envés opaco y verde claro. Nervadura de 20 pares de nervios secundarios, ángulo de 45° nervio principal. Inflorescencias axilares con 4 flores hermafroditas en dos pares opuestos en eje de inflorescencia, de 1 - 1,5 mm de largo (Villachica y Col., 1996).

Las brácteas y bractéolas persistentes. El cáliz, de cerca 2 mm de largo y 2 mm de ancho, 4 sépalos, ápice redondeado forma circumsésil. Los 4 pétalos blancos, aovados, 3 - 4 mm de largo, con margen ciliado. 125 estambres por flor de 7 - 10 mm de largo, anteras de 0,5 - 0,7 mm de largo; ovario ínfero origina un estilo simple de 10 - 11 mm de largo (Vásquez, R. 1997). El fruto comestible, de sabor muy ácido, es una baya esférica con un diámetro de 1 - 3 cm La baya con ápice y cicatriz hipantial redondeada, desarrolla un color café-rojizo a violeta negruzco y pulpa carnosa suave alojadas 2 - 3 semillas. Las semillas son 8 - 5 mm de largo y 5,5 - 11 mm de ancho con alto contenido de vitamina C en el fruto, el que en frutos maduros alcanza valores elevados (Imán, 2000).

#### **2.2.20. Variabilidad.**

La población natural con variabilidad genética y origen está en la amazonia peruana. Evaluaciones de germoplasma detallaron procedencia de 23 poblaciones situadas bajo influencia de ríos Ucayali, Tapiche, Yarapa, Nanay, Itaya, Ampiyacu, Apayacu, Oroza, Napo, Tahuayo y Amazonas, en Loreto. La caracterización identifica de cinco ecotipos, con rendimientos de frutos (Rodríguez y Col., 2006).

#### **2.2.21. Caracteres diagnósticos y posibles confusiones.**

En Perú, aparte de *M. dubia*, se reconoce una especie de Myrciaria: *Myrciaria floribunda* (West ex Willdenow) Berg, conocida como "camu camu árbol". Las diferencias de *M. dubia* y *M. floribunda* en morfología foliar, altura y

densidad poblacional. Pecíolo *M. floribunda* 0 - 1,5 mm. de largo; ápice de hoja agudo y nervios ángulo de 60°, nervio medio y curvados al margen de hoja. *M. floribunda* arbórea, altura 15 m. Poblaciones con individuos, *M. floribunda* solitarios (Zapata y Col., 1993).

**Tabla 1.** Caracteres diagnósticos de las especies peruanas de *Myrciaria*.

Carácter	<i>M. dubia</i>	<i>M. floribunda</i>
Pecíolo de la hoja	1,5 - 3( - 6) mm	0 - 1,5 mm
Nervios foliares secundarios	Forman ángulo 45° con el nervio medio y se curvan en dirección al ápice.	Forman ángulo 60° con nervio medio y se curvan en dirección al margen.
Ápice de la hoja	Agudo	Agudo a largamente rostrado
Altura	3( - 8) m	hasta 15 m
Densidad poblacional	Parches densos	Gral. individuos solitarios

Fuente: Zapata y Col., 1993

#### 2.2.22. Distribución mundial.

*M. dubia* es un componente de vegetación de bosques riparios inundados de Perú (Loreto y Ucayali), Brasil, Venezuela, Colombia, Ecuador, Bolivia y Guyanas, con diversidad de nombre vernaculares: camu camu, (Perú), algracia, guayabillo blanco, guayabito, limoncillo (Venezuela), azedinha, cacari, miraúba y muraúba (Brasil) (Renner S. y Col, 1990).

#### 2.2.23. Distribución en Perú.

La especie es abundante en la amazonia peruana, se encuentra a lo largo de la ribera de ríos y lagos asociados con los ríos Napo, Nanay, Ucayali, Marañón y Tigre (Jorgensen y Col., 1999).

**Tabla 2.** Frecuencia y distribución de *M. dubia* en Perú en base a especímenes de herbarios USM, HUT, HAO, AMAZ, CUZ, HUSA y observaciones en el campo.

Departamento	# Ejemplares	# Provincias	Frecuencia estimada
Amazonas		0 / 0	desconocido
Cuzco		0 / 0	desconocido
Loreto	26	3 / 6	abundante
Madre de Dios		0 / 0	desconocido
San Martín		0 / 0	desconocido
Ucayali	1	1 / 4	raro

Fuente: López, A., Bicerra, E.; Díaz, E. 2006.

#### 2.2.24. Ecología y posibles áreas de cultivo y colecta

##### Hábitat.

El área natural de *M. dubia* es la vegetación riparia de zonas estacionalmente inundadas del territorio amazónico, a lo largo de la frontera peruano-brasilera. Forma grandes extensiones de matorrales en áreas inundadas cercanas a los ríos, con hasta 8700 ind./ha (Peters, C., Hammond E., 1990).

Las especies asociadas con *Myrciaria dubia* son por ejemplo *Eugenia inundata* DC. (Myrtaceae), *Laetia americana* L. (Flacourtiaceae) y *Symmeria paniculata* Benth. (Polygonaceae). *M. dubia* se encuentra sólo en territorios con más de 1500 mm. de precipitación anual y temperaturas sobre 20 °C. Una altitud de más de 200-300 msnm. parece ser el límite superior para la distribución natural de la especie (Peters, C., Hammond E., 1990). En lo referente a estudios poblacionales, no existen datos disponibles en *M. dubia*; sin embargo, evaluaciones realizadas en cuatro rodales de *Myrciaria floribunda*

en una llanura aluvial de la cuenca del río Ucayali encontraron entre 12 - 31 individuos/ha; donde el patrón de distribución de los individuos es Agrupado, registrándose mayor número de individuos en zonas de presionadas y con mal drenaje (López, A., Bicerra, E.; Díaz, E. 2006).

#### **2.2.25. Crecimiento.**

*M. dubia* produce sus flores en ciclos anuales. El período de floración comienza mayoritariamente en la fase no inundada, lo que significa que las plantas están secas. La producción de flores continúa durante las subidas y finaliza al comienzo del período de inundación en la región. Mientras más tarde se alcanza el punto máximo de inundación, también es más largo el período de producción de frutos. El ciclo total de la fenología reproductiva del camu camu ocurre en 77 días, la floración dura 15 días y 62 corresponden a la formación y maduración del fruto; se afirma también que la fertilidad efectiva de las flores que logran producir frutos maduros es del 27% (Inga H., Pinedo M., Delgado C., Linares C., Mejía K., 2001).

El crecimiento inicial de las plántulas es lento, de modo que ellas no han alcanzado 50 cm de altura sino hasta después de cerca de un año y están listas para ser plantadas. Después de la plantación, el tallo crece bastante rápido hasta alcanzar 1,5 - 2 m de altura. La producción de los primeros frutos comienza en el segundo o tercer año, pero puede extenderse hasta el quinto año en áreas subóptimas de cultivo (Requena-Condori, R. M. 2008).

### 2.2.26. Cultivo y explotación

Camu camu es un fruto popular en el territorio amazónico de Perú y existe un mercado creciente para la especie en Iquitos (Requena-Condori, R. M. 2008).

#### **Cultivo.**

Desde 1996 *M. dubia* es cultivada. Un cultivo experimental de camu camu ha mostrado resultados promisorios y comenzó en Perú hacia 1997; sin embargo, el soporte técnico para los agricultores implicados no fue satisfactorio, de modo que el éxito económico ha demorado en llegar (Ferreira, S. A.; Gentil, G. D. O. 2003). Las semillas utilizadas al momento no fueron adecuadamente seleccionadas, sin poner atención a cuáles eran las mejores plantas madres (alta producción de frutos, buena coloración, alto contenido de vitamina C). Por estas dos razones el cultivo no ha sido comercialmente exitoso hasta ahora. Ensayos de cultivo de *M. dubia* en terrenos no inundados son promisorios y muestran período prolongado de cosecha desde noviembre hasta mayo. El cultivo se logra, incluso en suelos oxisoles arcillosos sobre la línea de inundación y llevados a cabo en zonas bajas (< 500 msnm.). El cultivo debería seleccionarse y mostrar alta producción de frutos, inicio temprano de la producción y alta calidad de frutos. Poner atención en el tamaño y color de frutos, contenido de vitamina C (Zapata y Col., 1993).

## **Suelo**

Se encuentra *M. dubia* tanto en suelos arcillosos ricos en nutrientes del área de inundación del Amazonas, así como en suelos arenosos pobres de las riberas de los ríos de aguas negras de la región (Ferreira, S. A.; Gentil, G. D. O. 2003).

## **Propagación generativa**

El camu camu es una especie frutal tropical amazónica que se propaga en forma convencional y sin ningún problema por semilla botánica; bajo esta forma se tiene la ventaja de tener disponibilidad de semillas para la producción de plantones en forma masiva, pero ocasiona la desventaja de producir plantaciones no uniformes (genéticamente) producto de la alogamia que presenta la planta. El secado y almacenamiento en frío de las semillas llevan a una pérdida de capacidad germinativa. Para almacenar las semillas de *M. dubia* manteniendo su capacidad germinativa por más tiempo, estas se deben conservar en lugares con alta humedad del aire (45%) y a casi 20 °C (López U. A. ; C. Linares B. 2007). Cuando las semillas son sembradas dos días después de separadas de los frutos, la germinación ocurre en dos a tres semanas. En tres días, la tasa de germinación cae bajo el 90% y en un mes 0%. Por almacenamiento en agua fresca (con cambio del agua cada semana), la sobrevivencia de semillas es extendida hasta seis meses. La siembra se realiza después de que la semilla haya germinado en bolsas plásticas con sustrato de aserrín (Enciso, R.; Villachica, H. 1993).

### **Propagación vegetativa.**

Existe tecnología generada para la propagación vegetativa del camu camu; la primera que se ensayó es la de injerto tipo astilla conteniendo una yema, con resultados satisfactorios, pero que no dan a la planta la característica típica de un arbusto, al tener que eliminar las ramas basales que no pertenecen al injerto. La propagación vegetativa del camu camu por injerto ha sido difundida en Ucayali (Pucallpa); los ensayos en parcelas comerciales mostraron que este método da buenos resultados, necesita manejo de podas para dar la arquitectura deseada y la eliminación de brotes basales del tallo patrón. En Loreto, los ensayos preliminares indican que las plantas injertadas no desarrollan una arquitectura deseada (Andrade J., Aragao C., Galeazzi M., Galeazzi M., Ferreira S., 1995).

También se mencionan el injerto inglés simple y el injerto de hendidura, pero sin mayores comentarios sobre sus ventajas o desventajas. Un segundo método de propagación vegetativa es el enraizamiento de estacas, que consiste en hacer desarrollar raíces a porciones de tallo y ramas, bajo condiciones de sustrato de tierra agrícola con aserrín y con riegos frecuentes. Las estacas que mejor respondieron al enraizamiento son aquellas que tienen entre 2,5 y 3 cm. de diámetro. Al cabo de tres meses las estacas desarrollan raíces en un 40 – 50%; el inconveniente de este método es el alto porcentaje de mortandad de plantas en campo definitivo. También se ha usado el acodo aéreo, el cual es utilizado para lograr enraizar especies vegetales arbóreas o arbustivas que tienen dificultad de enraizamiento; esta técnica consiste en hacer que un tallo o rama desarrolle raíces sin separarlo de planta madre. En Campo Experimental “Muyuy”, de la Estación Experimental San Roque (Iquitos,

Perú), se realizó experimentos para ensayar tipos de acodo aéreo y tipos de envoltura, a fin de lograr enraizamiento. Ambos métodos de propagación vegetativa llevan a una producción más temprana de frutos, pero el cultivo de los árboles es frecuentemente poco satisfactorio y las estacas muestran altas tasas de mortalidad después de la plantación. No se sabe si la propagación mediante esquejes de vástagos (tallos jóvenes) podría ayudar a enfrentar este último problema (Rodríguez, R. B.; Marx, F. 2006).

### **Cosecha y rendimiento**

La cosecha en poblaciones naturales de *M. dubia* es técnicamente difícil, ya que al momento de la cosecha (diciembre a marzo) las plantas se encuentran en los terrenos inundados y sólo los frutos que se encuentran sobre la superficie del agua pueden ser colectados con ayuda de canoas. Por otro lado, solamente una pequeña parte de los frutos disponibles pueden ser cosechados de esta manera. Poblaciones naturales producen 9,5 - 12,7 t frutos/ha/año y en plantaciones la productividad es más elevada (Cárdenas, M., Navarro C., 1992).

### **Sostenibilidad**

Una cosecha con ayuda de canoas asegura que los montos de cosecha tengan sólo una influencia limitada en el desarrollo futuro de las poblaciones. Por otro lado, la corta de ejes o árboles completos durante la cosecha es una práctica corriente para poder alcanzar más cómodamente los frutos, lo que es muy dañino para los árboles y lleva a una degradación de todas las

poblaciones naturales. La corta de ejes o árboles completos durante la cosecha debería ser reemplazada por otras técnicas para no poner bajo amenaza las poblaciones naturales de la especie (CAREIPACC-IIAP, 1998).

#### **2.2.27. Postcosecha**

La duración de frutos frescos es muy limitada, en pocos días. Un cultivo en grandes extensiones en poblaciones naturales tiene por lo tanto sentido cuando los mercados y/o las posibilidades de procesamiento o conservación (sobre todo refrigeración) se localizan en las cercanías directas del área de cultivo o colecta. Análisis químicos han mostrado que el fruto del camu camu es rico en vitamina C, conteniendo 1500 - 2000 (3130) mg de ácido ascórbico por cada 100 g de pulpa fresca. El potasio es dominante en los frutos maduros y catalogados como relevante en fisiología nutricional (Chavez W., 1993).

La proporción de ácido ascórbico y ácido dehidroascórbico, de azúcares simples como fructosa y glucosa, así como de algunos aminoácidos (serina, valina, leucina) en la pulpa de las bayas es notoriamente más alta en frutos maduros que en frutos inmaduros o semimaduros. Por lo tanto, las bayas deberían ser colectadas cuando están maduras y deben ser comercializadas o procesadas dentro de los siguientes 3 - 4 días (COUTURIER. G.; INGA, S.H.; TANCHIVA, EE. 1992).

### 2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- **Árbol.** Vegetal que posee más de 5 m. de altura con tronco y forma definida.
- **Árbol Plus.** Árbol que ha sido intensivamente seleccionado según su superioridad fenotípica.
- **Arbusto.** Vegetal de hasta 5 m. de altura, con ramificaciones variadas por lo que no tiene tronco definido.
- **Bosque.** Comunidad biológica donde predominan los árboles en extensión de una misma o distinta especie.
- **Bosque Natural.** Es un bosque donde el hombre no ha intervenido en su nacimiento o repoblación sinónimo: bosque nativo.
- **Bosque Productivo.** Bosque desde el cual se pueden extraer productos con fines comerciales y productivos.
- **Cosecha del Bosque.** Proceso que consiste en la corta de todos los árboles de un bosque con el objetivo de obtener los distintos productos (Rollizo exportable, rollizo país, rollizo pulpable y rollizo combustible).
- **Camu camu.** Es un árbol que crece en diferentes áreas de la selva amazónica, más específicamente en Perú, Brasil, Colombia y Venezuela. En estos lugares se utilizan sus hojas y frutos para el tratamiento de diferentes enfermedades. Por esta razón, te invito a que conozcas algunas propiedades de este maravilloso producto de la naturaleza.
- **Desecho forestal.** Todo material vegetal que queda luego de realizada la cosecha del bosque.

- **Forestación.** Acción de poblar con especies arbóreas o arbustivas terrenos que carezcan de ella, o que teniéndola esta no se pueda cosechar en forma económica.
- **Fruto del camu camu.** El fruto del camu camu contiene grandes cantidades de vitamina C. Algunos sostienen que posee propiedades antivirales, perfectas para combatir enfermedades como herpes labial, herpes zóster y el resfriado común. Otros dicen que la *Myrciaria dubia* (nombre científico del camu camu) brinda un refuerzo de energía natural, ideal para tratar dolencias de los ojos y encías.
- **Hectárea.** Unidad de medida de superficie equivalente a 10.000 m<sup>2</sup>, o un cuadrado de 100 m. por sus 4 costados.
- **Manejo forestal.** Técnica silvícola aplicada a las plantaciones o bosques, con el objetivo de mejorar la calidad de éstos. Ej. Mayor volumen, protección de agua y suelo.
- **Nutrientes del camu camu.** Beneficios del camu camu. El camu camu aporta nutrientes esenciales para el organismo. Más allá de la mencionada dosis de vitamina C, la ingesta de camu camu aumenta los niveles de ácido ascórbico, calcio, hierro, fósforo, potasio, niacina y riboflavina.
- **Recurso.** Bienes o medios de subsistencia, a los que se recurre o accede para satisfacer necesidades. Ej. Ríos para energía, bosques para madera.
- **Reforestación.** Acción de poblar con especies arbóreas o arbustivas mediante plantación de terrenos que han sido cosechados.

## **2.4. BASES EPISTÉMICOS**

### **2.4.1. Orígenes del estudio de captura de carbono**

En 1992 durante la cumbre para la tierra en Río, la convención fijó como su último objetivo la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible (PNUMA y UNFCCC, 2004).

Es por ello la importancia de considerar el potencial que tiene los pastizales erosionados y sobre pastoreado para la captura de carbono que forma parte de los gases de efecto invernadero que causa el calentamiento de la Tierra (cambio climático). Los pastos erosionados y poco productivos, manejados sosteniblemente posibilitan el incremento en más de 1% al contenido de materia orgánica del suelo en 10 años. La materia orgánica y humus es la forma de almacenamiento de carbono en el suelo y se concentra en los primeros 25 cm. de profundidad del suelo. La capacidad de almacenamiento de Carbono del suelo es infinito por ello se considera que el suelo es el último almacén para el carbono (World Resource Institute-WRI, 1994).

La sustitución del Carbono, es reducir la demanda de combustible fósil aumentando la utilización de madera, ya sea en productos de madera duraderos (es decir la sustitución de materiales como el acero y el cemento con

un alto consumo de energía) o como combustibles. Si se sustituyen el biocombustible que se utiliza actualmente por la energía derivada de combustibles fósiles, se liberan a la atmósfera 1,1 Gt de carbono por año adicionales. La utilización de biocombustibles traerá como consecuencia una reducción de la emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. La utilización de este combustible dependerá en gran medida del desarrollo de tecnologías que permitan utilizarlos en forma eficiente. Existen ya varias iniciativas encaminadas a la absorción y conservación del carbono, como las actividades realizadas conjuntamente (FAO, 2001).

El secuestro de carbono normalmente se relaciona a la idea de almacenar reservas de carbono en suelos, bosques y otros tipos de vegetación, donde dichas reservas están en peligro inminente de ser perdidas. Es el proceso de fijación de carbono en forma continua en cualquier sistema de uso de la tierra como consecuencia de alguna intervención sobre áreas degradadas o en proceso de degradación. Se pueden medir en diferentes sistemas de Uso de la Tierra cuyos antecedentes (tiempo de uso principalmente) son conocidos por los agricultores. Estos sistemas pueden ser el bosque primario, áreas quemadas para cultivos anuales o plantaciones perennes, bosques secundarios de diferentes edades, pasturas, sistemas agroforestales, barbechos mejorados, sistemas pastoriles etc. Así en todos estos sistemas se determina el carbono secuestrado (ICRAF-CODESOL, 2003).

Los recursos naturales son la base de nuestro bienestar cotidiano, aunque el sistema económico no reconozca la importancia de la conservación de éstos para el funcionamiento de la economía. Tradicionalmente, los economistas hablan del capital, refiriéndose al dinero o la tecnología (como capital humano), ignorando el capital natural o insistiendo en que son

intercambiables. El capital natural, compuesto de recursos renovables y no-renovables, complementa al capital humano y no es infinitamente reemplazable. Las funciones que cumple la naturaleza, generan valor ecológico, social y/o económico. La economía ambiental lo define como servicios ambientales a aquellos que generan beneficios directos e indirectos para los seres humanos (The nature Conservancy, 1999).

#### **2.4.2. Origen del camu camu**

El camu camu crece naturalmente en las orillas de los ríos, cochas y cursos menores de agua en la amazonía. Su mayor concentración y diversidad se encuentra en la amazonia peruana, a lo largo de los ríos Ucayali y Amazonas y sus afluentes, en el sector ubicado entre las localidades de Pucallpa (sobre el río Ucayali) y Pebas (sobre el río Amazonas). Se distribuye desde el oeste brasilero hasta el este del Perú, también se encuentra en los ríos Orinoco, Casiquiare, Oreda, Pargueni y Caura en Venezuela; así como en el río Inírida en Colombia. La concentración de poblaciones naturales de camu camu tiende a disminuir en el curso del río Amazonas del Perú hacia el Brasil (IIAP, 2004)

La estrecha relación que existe entre las especies reactivas de oxígeno' y un apreciable número de enfermedades crónicas, ha tornado de particular interés el estudio de las propiedades antioxidantes o prooxidantes de diversas fuentes alimentarias. Siendo el ácido ascórbico el principal antioxidante del camu camu, es de suponer que la presencia de Fe-III en un medio de reacción generaría radicales hidroxilo. Se ha descrito que el ascorbato reacciona con el oxígeno molecular en presencia de metales de transición, formando radicales

libres, proceso que ocurre muy propiedades prooxidantes del camu camu (Valkonema MM, Kuusi T., 2000).

Efecto del manitol sobre la generación de radicales libres por camu camu en presencia de Fe-III. Medio de ensayo: Tampón fosfato de potasio 50 mM pH 7,4, desoxirribosa 2,8 mM, Fe-III 0,25 mM y camu camu 0,025 g. Generación de radicales libres por camu camu en presencia de Fe-III vs. Tiempo. Medio de ensayo: Tampón fosfato de potasio 50 mM pH 7,4, desoxirribosa 2,8 mM, Fe-III 0,1 mM y camu camu 0,025 g. Generación de radicales libres por camu camu en presencia de Fe-III. Medio de ensayo: tampón fosfato de potasio 50 mM pH 7,4, desoxirribosa 2,8 mM y camu camu 0,025 g. Regraficación en doble recíproca. Medio de ensayo: Tampón fosfato de potasio 50 mM pH 7,4, desoxirribosa 2,8 mM y camu camu 0,025 g. Efecto de la tiourea sobre la generación de radicales libres por camu camu en presencia de Fe-III. Medio de ensayo: Tampón fosfato de potasio 50 mM pH 7,4, desoxirribosa 2,8 mM, Fe-III 0,125 mM y camu camu 0,025 g. Efecto del EDTA sobre los radicales libres generados por camu camu y Fe-III (Guija H., et al., 2005).

Medio de ensayo: Tampón fosfato de potasio 50 mM pH 7,4, desoxirribosa 2,8 mM, Fe-III 0,025 mM y camu camu 0,025 g. Tiempo (minutos) Abs. 532 nm lentamente en ausencia de catalizadores, en un rango de pH comprendido entre 4 y 10. También, se ha mostrado que la velocidad de autooxidación se incrementa a medida que aumenta el pH de 1,5 a 3,5 en presencia de Cu- II o Fe-III. Es probable que a pH neutro, el anión superóxido sea el producto inicial de la Reducción del oxígeno, debido a que el radical perhidroxilo tiene un pKa de 4,7. Así mismo, se ha descrito que el anión superóxido reacciona con el radical ascorbato con una constante de velocidad

de  $2,6 \times 10^8 \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$  (Peters, Charles M., & Vasquez, A., 1987). El hecho de que al modificar la concentración de Fe-III en un medio conteniendo camu camu se incrementa hiperbólicamente la generación de radicales hidroxilo, sugiere que éstos se formarían a través de reacciones con la previa formación de un complejo intermedio, que estaría limitando la liberación de radicales libres. Esta observación se corrobora con la regraficación en doble recíproca que se muestra, compuestos de naturaleza fenólica, como la miricetina, quercetina y gosisol, pueden comportarse como sustancias prooxidantes cuando están presentes en un medio de reacción con Fe- III/EDTA y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Así mismo, se ha observado que en el *Thymus vulgaris* existen metabolitos que tienen la propiedad de inhibir la lipoperoxidación mitocondrial y microsomal generada por los sistemas Fe-III/ADP en presencia de NADH o NADPH. Se ha descrito que el complejo EDTA-Fe (III) mantiene la propiedad de participar en el proceso de oxidación del ascorbato, lo que ocurriría debido a que el potencial redox del Fe (III) se incrementa cuando se compleja con el EDTA (Villanueva-Tiburcio, Juan Edson, Condezo-Hoyos, Luis Alberto, & Asquieri, Eduardo Ramirez, 2010).

Ello permitiría explicar el hecho de observar un incremento en la generación de radicales hidroxilo cuando el Fe (III) está presente en un medio formado por camu camu y EDTA. En esta reacción se regenera Fe-II, que reaccionaría con el H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, incrementando de esta manera la formación de radicales hidroxilo. Nuestros resultados nos permiten sugerir que la asociación de alimentos o medicamentos con alta concentración de hierro no deberían ser ingeridos con frutas que tengan un alto contenido de vitamina C (Arellano-Acuña et al. 2016).

## CAPÍTULO

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

**Descriptivo.** Porque en nuestro estudio buscamos conocer y describir las características de la captura de carbono en plantaciones de camu camu.

**Explicativo.** Los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; están dirigidos a responder a las causas de los eventos de los impactos ambientales que genera la captura de carbono en plantaciones de camu camu, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se da éste, o por qué dos o más variables están relacionadas.



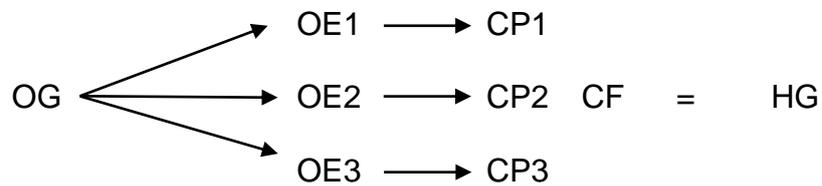
Fuente: Google earth.

**Figura 4.** Sitio donde se realizó la investigación correspondiente al distrito de Yarinacocha en la región Ucayali.

### 3.2. DISEÑO Y ESQUEMA DE LA INVESTIGACIÓN.

#### Diseño.

En la investigación se hizo uso del diseño no experimental por objetivos, de acuerdo al esquema que se acompaña:



#### Dónde:

OG = Objetivo General.

OE = Objetivo Específico.

CP = Conclusión Parcial.

CF = Conclusión Final.

HG = Hipótesis General.

### 3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.

**Población.** La población fue de 2000 plantas de camu camu sembradas en la localidad de Santa Rosa de Yarinacocha.

## Muestra: Proporcionalidad de la muestra

Para el cálculo del tamaño muestral se consideró un nivel de confianza de 95% y un error de 5%, el cual se trabajó con 65 plantas en la zona de estudio.

### Dato:

$$N = 2000$$

$$Z = 95 \%$$

$$p = 50 \%$$

$$q = 1-p$$

$$e = 5 \%$$

Se calculó haciendo uso de la siguiente fórmula.

$$n = \frac{z^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{e^2 (N - 1) + z^2 \cdot p \cdot q}$$

$$n = \frac{(1,65)^2 (0,5) (0,5) (2000)}{(0,05)^2 (2000 - 1) + (1,6)^2 (0,5) (0,5)}$$

$$n = \frac{1360}{20,68}$$

$$n = 65 \text{ plantas}$$

## 3.4. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

### Métodos

#### a. Medición de las plantas.

En la parcela se identificaron las plantas para la medición colocando cintas, para la identificación, se utilizó regla de 3 metros, regla de 30 cm., y vernier, anotando altura de planta, diámetro de tallo.

**b. Selección de las parcelas y de las plantas a derribar.**

En la parcela el establecimiento de las parcelas fue a criterio del investigador en forma aleatoria escogiendo las plantas según las edades, siendo el camu camu una plantación con una sola especie (mono específico), para ello se hizo reconocimiento del área para tener cuidado en la selección de individuos. Solamente se derribaron cinco plantas por edades para realizar el estudio, se aplicó el método directo para medir captura de carbono, usando biomasa de hojas y tallo obteniendo el peso fresco total y el peso fresco de una muestra de aproximadamente 250 g., que se envió a la estufa hasta obtener el peso seco constante.

**c. Separación y pesaje de la biomasa aérea.**

Solamente se derribaron cinco plantas adultas por cada edad evaluada y se procedió a separar por componentes con ayuda de una sierra, para determinar el peso de las muestras se utilizó una balanza romana tipo reloj. Se quitaron las ramas para luego ser deshojadas, se cortó el tallo, luego se pesaron las hojas y el tallo, por separado a esto se lo denominó peso fresco total (PFT), y se tomó tres muestras representativas de cada componente (250 gramos de hojas y 250 gramos del tallo), denominados peso fresco de la muestra (PFM), estos se colocó en bolsas de papel kraft y rotulados para su respectivo análisis en un laboratorio privado especializado, con ello se ha obtenido el peso seco de la muestra (PSM).

#### d. Métodos de laboratorio

**Secado y pesaje de las muestras.** El secado de las muestras se realizó en la estufa eléctrica a temperatura de 115 °C hasta obtener un peso constante, por un periodo de 24 horas en un laboratorio privado en la ciudad de Lima.

**Determinación del porcentaje de cenizas.** Para determinar el porcentaje de cenizas del tallo y hojas primero se seleccionaron las muestras y luego se procedió a desmenuzar tres muestras de cada uno, luego se han puesto 5 gramos de muestra en un crisol, luego se colocaron en la mufla hasta obtener cenizas, para después ser puesto en un desecador y ser pesados.

**Calculo del contenido de humedad por componentes.** Con el fin de determinar el contenido de humedad en porcentaje de cada componente por planta se utilizó la siguiente fórmula: citado por (Arévalo *et al.*, 2003).

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

Dónde:

CH : Contenido de humedad

PFM : Peso fresco de la muestra

PSM : Peso seco de la muestra

**Aplicación de la ecuación de biomasa.** Para el cálculo de la biomasa se trabajó con el Contenido de Humedad por componente y luego se reemplazó

en la fórmula de Biomasa Total por componente propuesta por (Arévalo *et al.* 2003).

$$BT = \frac{(PFT(g))}{1 + \left(\frac{CH}{100}\right)}$$

Dónde:

BT : Biomasa total

CH : Contenido de humedad

PFT : Peso fresco total

Determinación de la ecuación alométrica para estimar captura de CO<sub>2</sub>. La determinación de la ecuación alométrica para estimar la biomasa que más se ajuste a esta especie se utilizó el programa "Original", donde teniendo los datos de biomasa total y diámetro por planta, se realizó la línea de tendencia donde se ha obtenido un modelo matemático, mediante regresión lineal y obteniendo un coeficiente de determinación "R<sup>2</sup>" igual a 1, este modelo se expresó en función al diámetro del tallo, y la biomasa para obtener la ecuación alométrica, de la siguiente manera:

$$B = 10^{a+b \cdot \log(d)}$$

Dónde:

B = Biomasa (BT: Biomasa Total, CH: Contenido de Humedad, PFT : Peso Fresco Total).

a y b = Parámetros (parámetros estadísticos que intercepta las variables: resultan del análisis de regresión lineal de las variables, o sea biomasa con diámetro del tallo)

d = Diámetro de plantas muestreadas

## Procesamiento y presentación de datos

Los datos fueron procesados haciendo uso del paquete estadístico SAS versión 8,1 para Windows y los resultados se presentaron en tablas y gráficos haciendo uso de la estadística descriptiva e inferencial. Para la prueba de hipótesis se hizo uso de la regresión y correlación  $r$  de Spearman para determinar qué tan intensa es la relación entre las dos variables.

### 3.5. TÉCNICAS: RECOJO, PROCESAMIENTO, PRESENTACIÓN DE DATOS.

#### Pruebas estadísticas

Se trabajó en función a las diversas técnicas estadísticas y de acuerdo al seguimiento del diseño respectivo y distribución de frecuencias se ha aplicado la prueba del chi cuadrado, la asociación (regresión) y correlación de variables.

$$\chi^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E}$$

#### Correlación

**Análisis de correlación.** Es el conjunto de técnicas estadísticas empleado para medir la intensidad de la asociación entre dos variables. El principal objetivo del análisis de correlación consiste en determinar qué tan intensa es la relación entre dos variables. Normalmente, el primer paso es mostrar los datos en un diagrama de dispersión.

**Diagrama de Dispersión.** Es aquel grafico que representa la relación entre dos variables.

**Variable Dependiente.** Es la variable que se predice o calcula. Cuya representación es "Y".

**Variable Independiente.** Es la variable que proporciona las bases para el cálculo. Cuya representación es: X1, X2, X3.....

**Coefficiente de Correlación.** Describe la intensidad de la relación entre dos conjuntos de variables de nivel de intervalo. Es la medida de la intensidad de la relación lineal entre dos variables.

El valor del coeficiente de correlación puede tomar valores desde menos uno hasta uno, indicando que mientras más cercano a uno sea el valor del coeficiente de correlación, en cualquier dirección, más fuerte será la asociación lineal entre las dos variables.

Mientras más cercano a cero sea el coeficiente de correlación indicará que más débil es la asociación entre ambas variables. Si es igual a cero se concluirá que no existe relación lineal alguna entre ambas variables.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

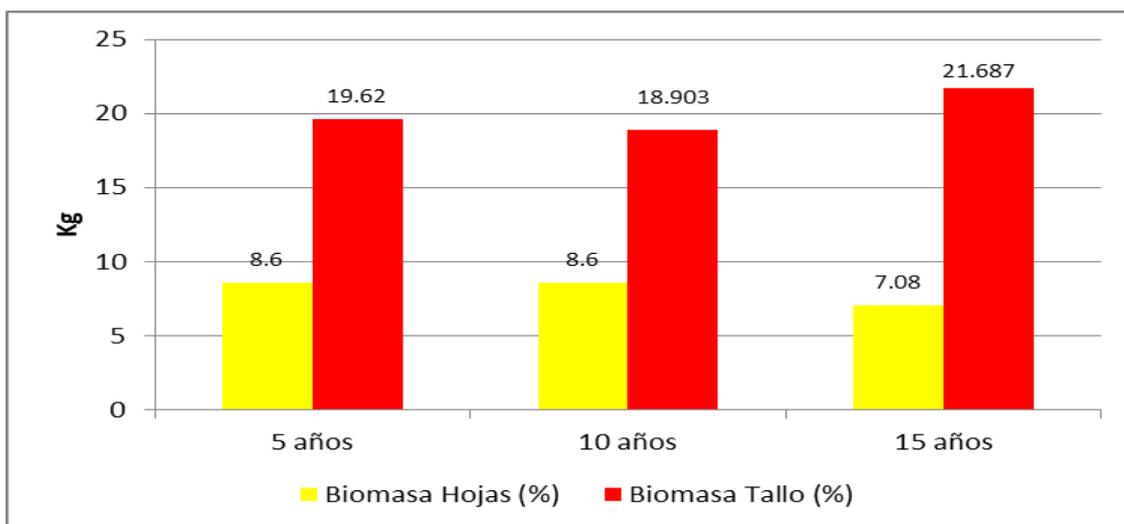
#### 4.1. Análisis descriptivo

##### 4.1.1. Determinar la biomasa total de la plantación de camu camu de 5, 10 y 15 años de instalado respectivamente.

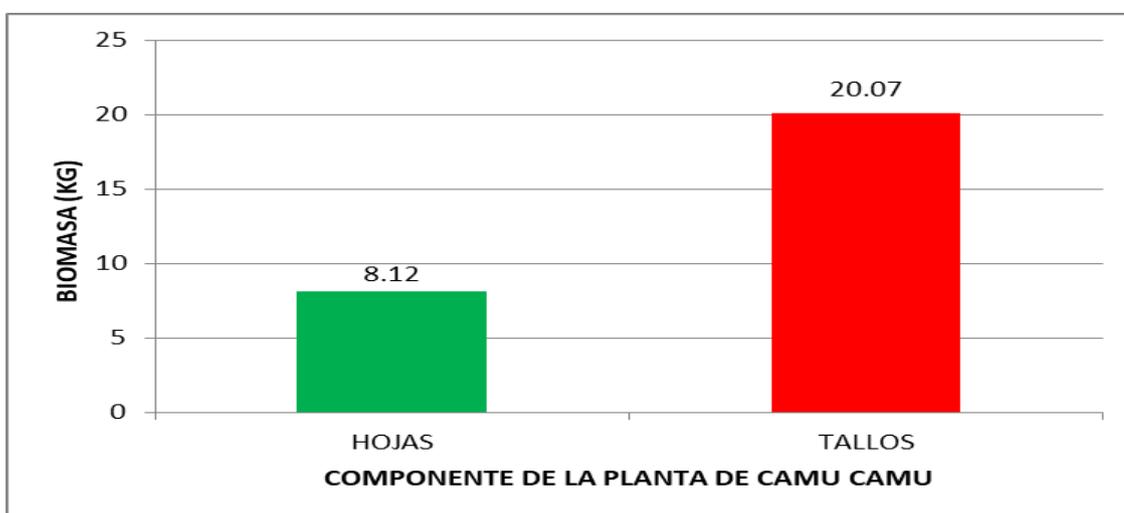
**Tabla 3.** Porcentaje de Biomasa promedio de cada edad del “camu camu” (*Myrciaria dubia* H.B.K Mc Vaugh.)

EDAD	COMPONENTE	
	Biomasa Hojas (%)	Biomasa Tallo (%)
5 años	8,6	19,620
10 años	8,6	18,903
15 años	7,8	21,687

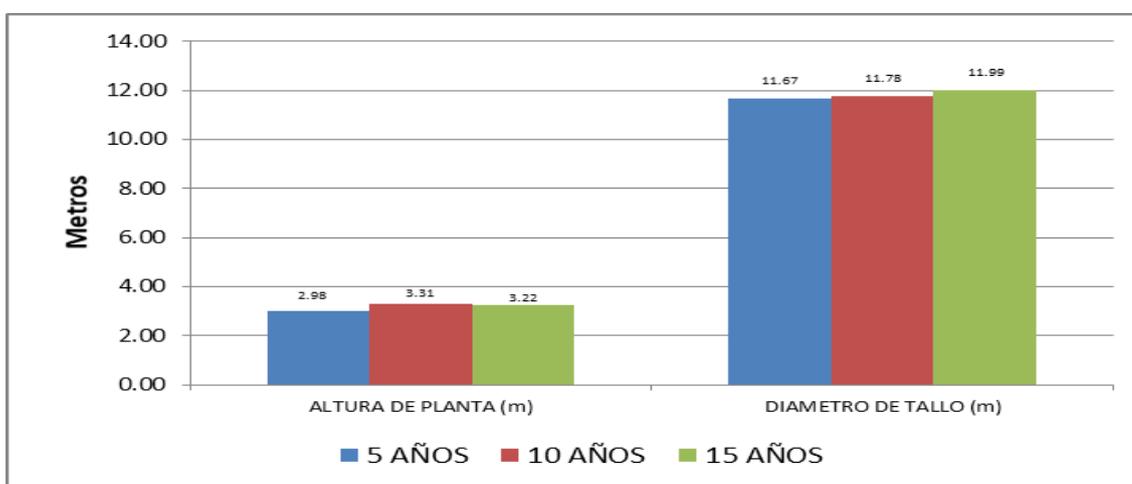
De los datos obtenidos por edad por componentes en camu camu, las hojas de plantaciones de 5 y 10 años de edad tienen un mayor porcentaje de biomasa en caso de plantaciones de 15 años la biomasa que disminuye un poco a 7,8; respecto a la biomasa de tallo es mayor en plantas de 15 años con 21,687 seguido de plantaciones de 5 años con 19,6, como se muestra en la tabla 3, con respecto a la biomasa total en las plantaciones de 5, 10 y 15 años se tiene en la figura 5 y 6 la biomasa total del “camu camu”, siendo la hoja que representa el 29% y el tallo el 71% (Anexo 4).



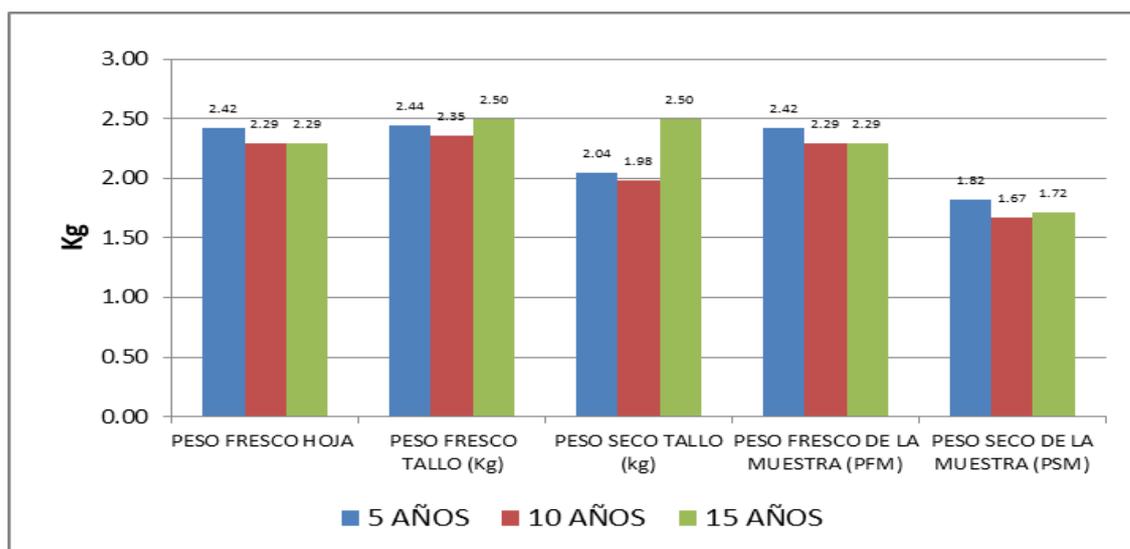
**Figura 5.** Biomasa total del "camu camu" (*Myrciaria dubia* H.B.K Mc Vaugh.) de diferentes edades.



**Figura 6.** Distribución de la biomasa promedio del "camu camu" (*Myrciaria dubia*) por componentes.



**Figura 7.** Evaluación en metros por cada componente de "camu camu" (*Myrciaria dubia*)



**Figura 8.** Evaluación en kilos por cada componente de “camu camu” (*Myrciaria dubia*)

La figura 7 y 8 muestra el comportamiento promedio de altura de planta en 2,98 m., en plantas de 5 años, 3,31 m., en plantas de 10 años y ligero descenso de 3,22 m., en plantas de 15 años. El diámetro del tallo hay un orden ascendente de plantas de 5, 10 y 15 años (11,67, 11,78, 11,99 cm.). En peso fresco de hoja hay 2,42 kg en plantas de 5 años y 2,29 kg para plantas de 10 y 15 años respectivamente. En peso fresco de tallo hay 2,44 kg en plantas de 5 años, 2,35 kg para plantaciones de 10 años y 2,50 kg para plantas de 15 años. En peso seco de tallo hay 2,04 kg en plantas de 5 años, 1,98 kg para plantas de 10 y 2,50 kg para plantas de 15 años.

#### **4.1.2. Ecuación alométrica que estima la cantidad de carbono capturado en camu camu de 5, 10 y 15 años de edad.**

El promedio de diámetro ( $d^3$ ), de plantas muestreadas fue 12 cm y su biomasa total de hojas en kilogramos fue 8,12 y el modelo que mejor predijo la biomasa aérea total fue el tallo con 20,07. En la ecuación alométrica se

obtuvieron:  $\text{Log subíndice } 10 \text{ (B subíndice t)} = 2,29 + 2,5 * \text{Log subíndice } 10$ , para estimar biomasa  $B = 10^{a+b*\log(d)}$ , comparado con los resultados de campo, donde se observa una variación de los resultados de biomasa entre los datos de campo y de gabinete, es mínima y se ajusta a lo esperado es 7,823.

**Tabla 4.** Comparación de la biomasa entre la biomasa calculada por la ecuación alométrica en plantaciones de 5, 10 y 15 años en camu camu.

Plantaciones	Biomasa/planta	Biomasa calculada por la ecuación alométrica/planta/kg
5 años	20,477 kg.	5,186
10 años	19,771 kg.	5,130
15 años	22,637 kg.	7,991

En la tabla 4, se observa la Biomasa calculada por la ecuación alométrica/planta/kg, con la plantación de 15 años indica una diferencia significativa de 7,991 de alometria en comparación con plantaciones de 5 años con 5,186 y en plantaciones de 10 años con 5,130.

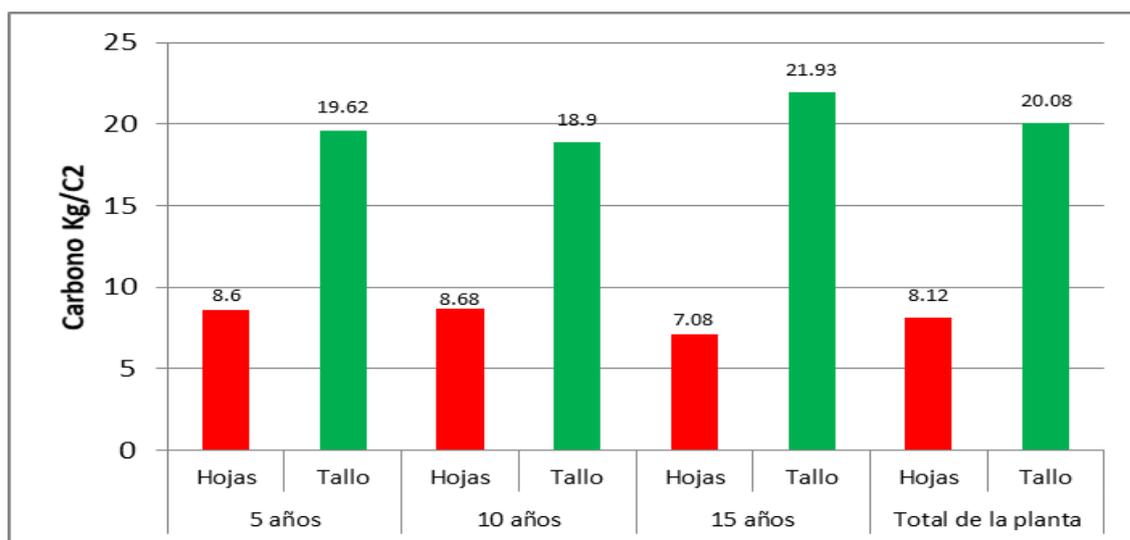
#### 4.1.3. Determinar la cantidad de carbono fijado por plantas de camu camu de 5, 10 y 15 años de edad.

**Tabla 5.** Contenido de carbono de camu camu de 5, 10 y 15 años de edad.

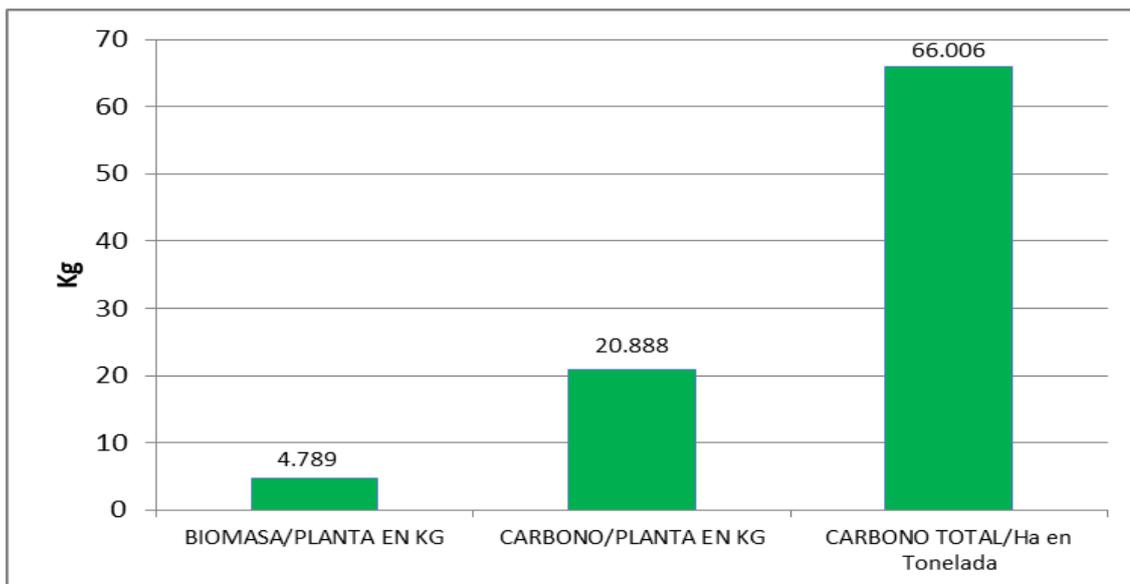
Plantaciones	Componente de planta de camu camu	Carbono (Kg/carbono)
5 años	Hojas	8,60
	Tallo	19,62
10 años	Hojas	8,68
	Tallo	18,90
15 años	Hojas	7,08
	Tallo	21,93
Total de la planta	Hojas	8,12
	Tallo	20,08

Para calcular la cantidad de carbono fijado en plantaciones por edades de 5, 10 y 15 años se tiene en la Tabla 5, donde las plantaciones de 15 años tienen mayor captura de carbono en los tallos con 21,93 Kg/carbono, en plantaciones de 5 años hay 19,62 Kg/carbono y en plantaciones de 10 años hay 18,90 Kg/carbono, y en hojas hay mayor captura de carbono en plantaciones de 10 años (Figura 9).

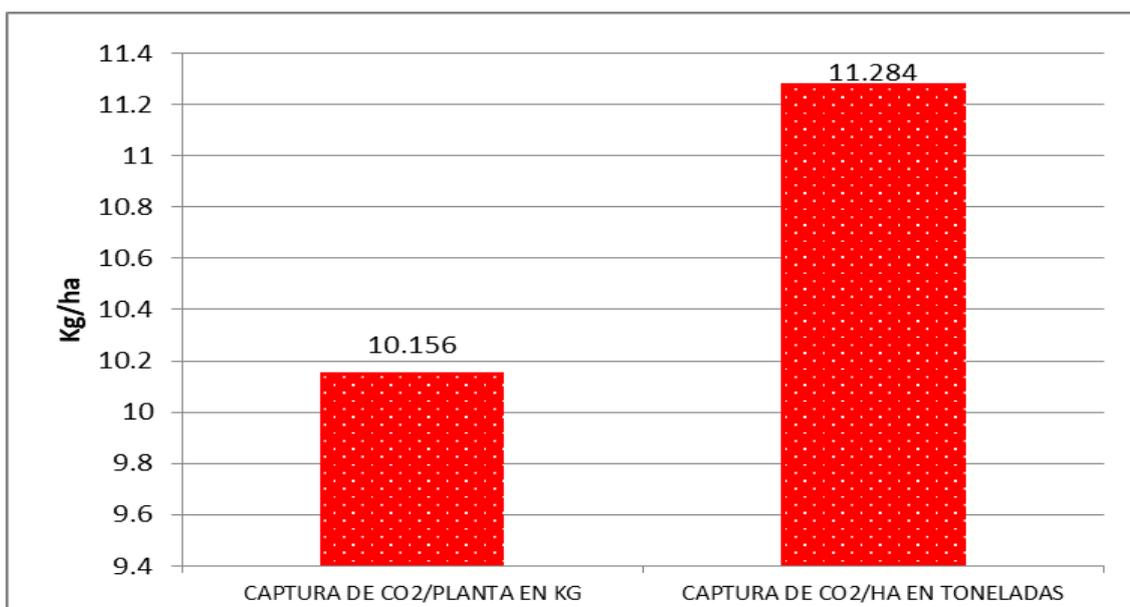
En la figura 9 se estima el contenido total por hectárea de camu camu en toneladas reportando 69,00, la biomasa total por planta es 4,79 Kg/planta y el carbono por planta es 20,88 Kg/carbono.



**Figura 9.** Carbono fijado en plantaciones por edades de “camu camu” (*Myrciaria dubia*)



**Figura 10.** Determinación de biomasa contenido de carbono por planta y hectárea en “camu camu” (*Myrciaria dubia*).

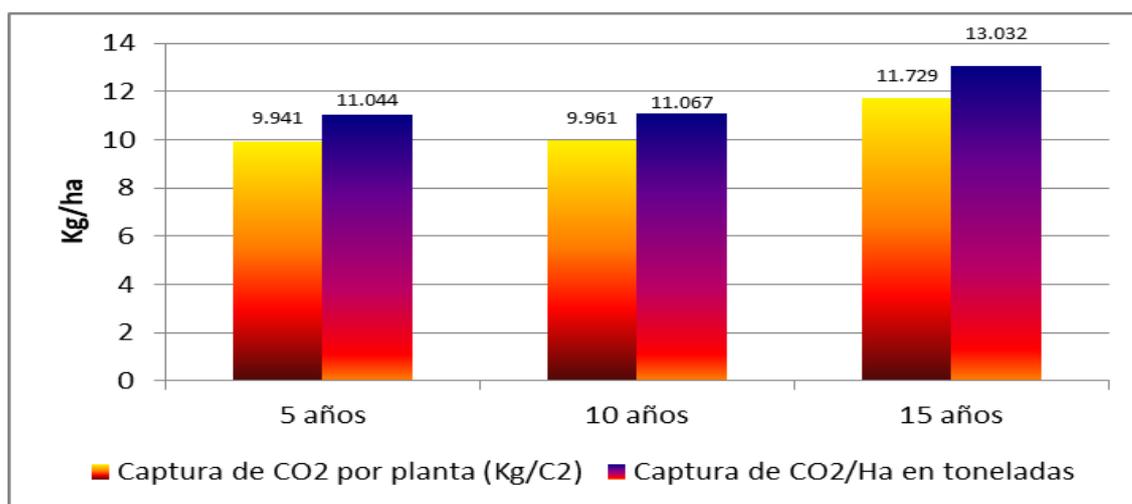


**Figura 11.** Determinación de captura de contenido de carbono por planta y hectárea en “camu camu” (*Myrciaria dubia*)

En la figura 11 se estima la determinación de la captura de CO<sub>2</sub> por planta en kilos obteniendo un total de 10,16 y por hectárea 11,28 toneladas. En la tabla 6 se tiene la cantidad de CO<sub>2</sub> obtenida por edades en camu camu, siendo la plantación de 15 años que tiene mayor captura de CO<sub>2</sub> con 13.03 toneladas y de 5 a 10 años con 11,04 y 11,06 toneladas respectivamente.

**Tabla 6.** Captura de CO<sub>2</sub> por planta y hectárea en “camu camu” (*Myrciaria dubia*) en plantaciones de 5, 10 y 15 años de edad.

Plantaciones	Captura de CO <sub>2</sub> por planta (Kg/Carbono)	Captura de CO <sub>2</sub> /ha en toneladas
5 años	9,941	11,045
10 años	9,961	11,067
15 años	11,729	13,032



**Figura 12.** Captura de CO<sub>2</sub> por planta y hectárea en “camu camu” (*Myrciaria dubia*) en plantaciones de 5, 10 y 15 años de edad.

#### 4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

**Tabla 7.** Análisis de correlación múltiple de la medición de captura de carbono en “camu camu” (*Myrciaria dubia*).

Cultivo del camu camu	Carbono total				TOTAL
	Favorable		Regular		
	O	E	O	E	
Favorable	20	20.48	12	11.52	32
Desfavorable	12	11.52	6	6.48	18
<b>TOTAL</b>	<b>32</b>		<b>18</b>		<b>50</b>

O: Valores observados (Obtenidos cruzando las variables)

E: Valores esperados (Obtenidos mediante cálculo)

### Modelo

#### Cálculo de los valores esperados:

$$E_{1.1} = \frac{32 \times 32}{50} = 20.48$$

$$E_{1.2} = \frac{18 \times 32}{50} = 11.52$$

$$E_{2.1} = \frac{32 \times 18}{50} = 11.52$$

$$E_{2.2} = \frac{18 \times 18}{50} = 6.48$$

#### Cálculo de la Chi-Cuadrado:

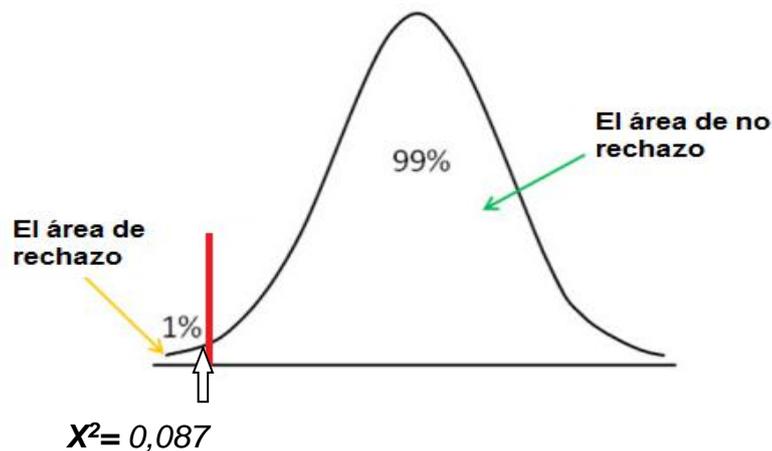
$$X^2 = \frac{\sum(O - E)^2}{E} = \frac{(20 - 20,48)^2}{20,48} + \frac{(12 - 11,52)^2}{11,52} + \frac{(12 - 11,52)^2}{11,52} + \frac{(6 - 6,48)^2}{6,48}$$

$$X^2 = 0,087$$

#### Hipótesis estadística:

**Hi:** “Las plantaciones de camu camu de mayor edad son los que capturan mayor cantidad de dióxido de carbono de la atmósfera”

#### Región Crítica:



**Descripción:** En la región crítica se observa que el valor de la Chi-cuadrado es 0,087, la cual cae en la región de rechazo de la hipótesis nula (RR<sub>Ho</sub>); es decir, se demuestra que hay relación significativa directa entre las plantaciones de camu camu de mayor edad son los que capturan mayor cantidad de dióxido de carbono de la atmósfera.

## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para determinar la biomasa total de la plantación de camu camu de 5, 10 y 15 años de instalado respectivamente, las hojas de plantaciones de 5 y 10 años de edad tienen porcentaje de 8,6, en plantaciones de 15 años la biomasa disminuye a 7,8; la biomasa de tallo es mayor en plantas de 15 años con 21,687, plantaciones de 5 años tienen 19,6; la biomasa total en las plantaciones de 5, 10 y 15 la hoja que representa el 29% y el tallo el 71% respectivamente. La altura de planta tiene 2,98 m. en plantas de 5 años, 3,31 m. en plantas de 10 años y 3,22 m. en plantas de 15 años. El diámetro del tallo de plantas de 5, 10 y 15 años es 11,67, 11,78, 11,99 cm. respectivamente. El peso fresco de hoja es 2,42 kg en plantas de 5 años y 2,29 kg para plantas de 10 y 15 años respectivamente. El peso fresco de tallo es 2,44 kg en plantas de 5 años, 2,35 kg para plantas de 10 años y 2,50 kg para plantas de 15 años. El peso seco de tallo es 2,04 kg en plantas de 5 años, 1,98 kg para plantas de 10 años y 2,50 kg para plantas de 15 años. Sin embargo nuestros resultados obtenidos superan los reportados por Panduro N., (2015), quien reporta acumulación periódica de materia seca de la biomasa estacional del cultivo de camu camu en hojas con acumulación de materia seca en las hojas, su tendencia es creciente, desde el brotamiento 1 hasta la fase de fructificación; debido a que en las primeras fases fenológicas, las hojas son tiernas y sus células están en constante división, crecimiento y lignificación, hasta desarrollarse completamente (hojas adultas). Esto lo demuestra con el trabajo de Gardner F., Brent R., Mitchel R., (1985) que dice que la biomasa total de un cultivo es la integral de la asimilación de CO<sub>2</sub> en toda la estación de

crecimiento. Algunos factores ambientales cambian predeciblemente durante la estación de crecimiento. Russo (1983), afirma que las hojas presentan el mayor porcentaje de humedad en comparación a hojas y tallo. Sin embargo, los rangos de humedad reportados por el mismo autor para hojas, tallos y raíces de árboles o arbustos (70-90; 50-80 y 60-90 % respectivamente) difieren notablemente de los valores de este estudio. Para Lopez y Col., (2016) en plantaciones de hule (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.), contribuyen a la reducción de dióxido de carbono en la atmósfera al fijar carbono a través de la fotosíntesis y almacenarlo en cada uno de los componentes del árbol (hojas, ramas, fustes, cortezas y raíces) y por la transformación de residuos orgánicos en materia orgánica estabilizada en el suelo. El contenido de carbono varía en cada una de las edades; en la plantación de 51 años el carbono almacenado en el fuste fue 192,32 Mg ha<sup>-1</sup>, en las ramas fue 64,75 Mg ha<sup>-1</sup> y el total aéreo del árbol fue 257,07 Mg ha<sup>-1</sup>, mientras que en la plantación de 5 años los valores fueron 16,65 Mg ha<sup>-1</sup>, 9,63 Mg ha<sup>-1</sup> y 26,28 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Los resultados indican que *H. brasiliensis* puede considerarse como una fuente potencial de mitigación ante el cambio climático.

La ecuación alométrica que estima la cantidad de carbono capturado en camu camu de 5, 10 y 15 años de edad, el promedio de diámetro ( $d^3$ ), de las plantas muestreadas fue 12 cm. y su biomasa total de hojas en kilogramos fue 8,12 y el modelo que mejor predijo la biomasa aérea total en camu camu fue el tallo con 20,07. En la ecuación alométrica se obtuvieron: Log subíndice 10 (B subíndice t) = 2,29 + 2,5\*Log subíndice 10, para estimar biomasa  $B = 10^{a+b \cdot \log(d)}$ , los resultados de biomasa entre los datos de campo y de gabinete es 7,823. La Biomasa calculada por la ecuación alométrica/planta/kg, la plantación de 15 años tiene 7,991 de alometría en comparación con plantaciones de 5 años con

5,186 y en plantaciones de 10 años con 5,130. Estos resultados coinciden con el trabajo de Díaz C., López E., Del Águila J., Paredes E., Pinedo M., Abanto C. (2015), menciona que la información generada podrá ser utilizada como insumo básico para el diseño de ecuaciones alométricas que permitan estimar de manera precisa y eficiente el stock de carbono aéreo almacenado en la biomasa del camu camu arbustivo, el trabajo planteó cuantificar los stocks de carbono de las estructuras vegetales (hojas y tallo) del camu camu arbustivo *Myrciaria dubia*. En cambio, Douterlungne y Col., (2013), encontró que los mejores predictores de la biomasa fueron el diámetro a la altura del pecho y en la base; con ellos generaron relaciones alométricas con  $r^2$  mayor a 0.90. Con base en estas relaciones la acumulación promedio de biomasa en plantaciones mono-específicas de dos años de Inga, *Ochroma*, *Trichospermum* y Guazuma se calculó en 6.60, 30.80, 47.62 y 48.12 Mg ha<sup>-1</sup>.

Al determinar la cantidad de carbono fijado por plantas de camu camu de 5, 10 y 15 años de edad, las plantaciones de 15 años tienen mayor captura de carbono en tallos con 21,93 Kg/carbono, en plantaciones de 5 años hay 19,62 Kg/carbono y en plantaciones de 10 años hay 18,90 Kg/carbono, en hojas hay mayor captura de carbono en plantaciones de 10 años. El contenido total por hectárea de camu camu en toneladas se reporta 69,00, la biomasa total por planta es 4,79 Kg/planta y el carbono por planta es 20,88 Kg/carbono. La captura de CO<sub>2</sub> por planta en kilos obteniendo un total de 10,16 y por hectárea 11,28 toneladas. La cantidad de CO<sub>2</sub> obtenida por edades en camu camu, la plantación de 15 años que tiene mayor captura de CO<sub>2</sub> con 13,03 toneladas y de 5 a 10 años con 11,04 y 11,06 toneladas. Al relacionar el valor promedio total de carbono por individuo con la superficie de la plantación evaluada está dentro del rango reportado por Catriona (1998) para bosques secundarios (25-

190 t C ha<sup>-1</sup>) y dentro del rango para ecosistemas de bosques tropicales que varía desde 67,5 hasta 171 t C ha<sup>-1</sup> (Alegre et al., 2001). Estos resultados concuerdan con el trabajo de Díaz C., López E., Del Águila J., Paredes E., Pinedo M., Abanto (2015), que encontró El stock de carbono total de *Myrciaria dubia* fue 22,56 kg C en promedio. Mientras que el valor promedio de las hojas, tallos y raíces fue de 0,84; 18,67 y 3,05 kg C respectivamente. Para Rodriguez y Col., los árboles de pino, encino, roble y ocote de las comunidades de la región Frailesca de Chiapas, México acumulan entre 0.459 y 2.606 Mg ha<sup>-1</sup> de biomasa vegetal, por lo que se les considera con un gran potencial para la captura de carbono. Para el caso del pino alcanza una cifra de 380,13 Mg<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> de C, que la ubica con el potencial más alto de captura, debido su mayor desarrollo.

## CONCLUSIONES

La biomasa total de plantación de camu camu por edades, las hojas de 5 y 10 años tienen 8,6%, de 15 años con 7,8%; la biomasa de tallo de 5 años es 19,6 kg., 10 años es 18,9 kg y de 15 años es 21,687 kg., la biomasa total de 5, 10 y 15 en hoja representa el 29%, en tallo el 71%. El promedio de altura de planta es 2,98 m., en plantas de 5 años, 3,31 m de 10 años y 3,22 m. de 15 años. El diámetro del tallo de plantas de 5, 10 y 15 años es 11,67, 11,78, 11,99 cm. respectivamente. El peso fresco de hoja es 2,42 kg de 5 años y 2.29 kg para plantas de 10 y 15 años. El peso fresco de tallo es 2,44 kg de 5 años, 2,35 kg de 10 años y 2,50 kg de 15 años. El peso seco de tallo es 2,04 kg de 5 años, 1,98 kg para 10 años y 2,50 kg para 15 años.

La ecuación alométrica que estima la cantidad de carbono capturado en camu camu de 5, 10 y 15 años de edad, donde los resultados de biomasa entre datos de campo y gabinete es 7,823. La Biomasa calculada por ecuación alométrica/planta/kg, en plantas de 15 años es 7,991 de alometría en comparación con plantas de 5 años es 5,186 y en plantas de 10 años es 5,130.

La cantidad de carbono fijado por plantas de camu camu de 5, 10 y 15 años de edad, las de 15 años tienen mayor captura de carbono en tallos con 21,93 Kg/carbono, en plantas de 5 años hay 19,62 Kg/carbono y en plantas de 10 años hay 18,90 Kg/carbono, en hojas hay mayor captura de carbono en plantas de 10 años. El contenido total por hectárea de camu camu en toneladas se tiene 69,00, la biomasa total por planta es 4,79 Kg/planta y el carbono por planta es 20,88 Kg/carbono. La captura de CO<sub>2</sub> por planta en kilos obteniendo un total de 10,16 y por hectárea 11,28 toneladas. La cantidad de

CO<sub>2</sub> por edades en camu camu, en plantas de 15 años la captura de CO<sub>2</sub> es 13,03 toneladas y de 5 a 10 años con 11,04 y 11,06 toneladas.

La metodología utilizada para el potencial de captura de carbono de plantaciones de camu camu de diferentes edades, permite elaborar estimaciones exactas donde la captura de carbono presenta un incremento escalonado se tiene que a los 5, 10 y 15 años de edad el contenido de carbono alcanza desde 8,68 a 21,93 tC/ha.

## SUGERENCIAS

Se recomienda realizar la réplica del presente trabajo de investigación en diferentes zonas en Ucayali, Loreto y San Martín.

Utilizar la ecuación obtenida en este estudio para estimar la biomasa de camu camu y en otros cultivos de importancia económica.

Incentivar a los agricultores a cultivar el camu camu incursionar en el negocio de los créditos de carbono y valorar la rentabilidad para obtener liquidez adecuada para invertir en la certificación del servicio de captura de carbono.

Se recomienda implementar estrategias para capturar el carbono y así reducir la concentración del CO<sub>2</sub> en la atmósfera.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aceñolaza P., Zamboni L., Gallardo J., (2007). Estimación de carbono en tres bosques de la llanura aluvial del bajo Paraná (R. Argentina). Red Iberoamericana de Física y Química Ambiental. Red POCAIBA, integrada dentro de la Red Rifyqa (Red Iberoamericana de Física y Química Ambiental), y del apoyo de la S.E.U.I. (Ministerio de Educación y Ciencia español). 17 pág.
2. Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE. (1997) 15 p.
3. Alegre, J., Arévalo L., Ricse A. (2000). Reservas de carbono y emisión de gases con diferentes sistemas de uso de la tierra en dos sitios de la Amazonía Peruana. CORPOICA; ICRAF; Universidad de Gales. Taller Internacional: Métodos para Investigación en Sistemas Agroforestales. Tibaitatá, Colombia. 31 Jul-04 Ag 2000. Tibaitatá, Colombia. 2000. sn.
4. Arévalo, L., Alegre J., Palm, CH. (2003). Manual de las reservas totales de carbono en los diferentes sistemas de uso de la tierra en Perú. Publicación de STC/CGIAR/Ministerio de agricultura. Pucallpa, Perú. 24p.
5. Alegre, J.; Arévalo, L.; Ricse, A.; Callo-Concha, D.; Palm, C. (2001). Carbon sequestration for different land use systems in the humid tropics of Peru. (<http://www.virtualcentre.org/es/ele/conferencia2/vbconfe7.htm>).
6. Azqueta, D. (1994). Valoración de la calidad ambiental. McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U. Madrid, España.
7. Alves, R. E., Filgueiras, H.A.C.; Moura, C.F.H.; Araújo, N. C. C.; Almeida, A S. (2002). Camucamu (*Myrciaria dubia* Mc Vaugh): A Rich Natural

- Source of Vitamin C. Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort. 46:11-13. Fruit/Frutales.
8. Andrade, J.S.; Aragao, C.G.; Galeazzi, M.A.M.; Galeazzi, M.A.M.; Ferreira, S.A.N. (1995). Changes in the concentration of total vitamin C during maturation and ripening of camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh) fruits cultivated in the upland of Brazilian central Amazon. Acta horticulturae. Acta hortic. (370) 177-180.
  9. Barbarán G. (1998). Determinación de biomasa y carbono en los principales sistemas de uso del suelo en la zona de Campo Verde. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa, Ucayali, Perú.
  10. Beaumont, R.E. y C.E. Merenson. (1999). El Protocolo de Kyoto y el Mecanismo para un Desarrollo Limpio: Nuevas posibilidades para el Sector Forestal de América Latina y el Caribe. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Departamento de Montes, FAO, Roma.
  11. Belausteguigoitia J.C. y O.P. Soriano. (1996). Valuación económica del medio ambiente y de los recursos naturales. Economía Informa, 253:45-55.
  12. Callo Concha, D., Krishnamurthy L., y Alegre J. (2001). Cuantificación del carbono secuestrado por algunos SAF's y testigos, en tres pisos ecológicos de la Amazonía del Perú. Simposio Internacional: Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales. Valdivia, Chile. 18-20 Oct 2001. Valdivia, Chile. 23 p.
  13. Cárdenas, M., Navarro C., (1992). Evaluación de sistemas de producción de camu camu (*Myrciaria dubia*) en áreas nuevas con

- drenaje imperfecto. Iquitos: Estación Experimental San Roque - INIA 9 pp.
14. Castellanos J., Maass J., and Kummerow J. (1991). Root biomass of a dry deciduous tropical forest in Mexico. *Plant and Soil*. 131:225-228.
  15. CAREIPACC-IIAP. (1998). Manejo Agronómico de plantaciones de camu camu. Guía Técnica para Extensionistas Documento de trabajo. 15 pp.
  16. Catriona, P. (1998). Actualidad Forestal Tropical. Boletín de Manejo Forestal Producido por la Organización de Maderas Tropicales para Fomentar la Conservación y el Manejo Sostenible de los Recursos Forestales tropicales en la región de América Latina y el Caribe (Japón). 31pp.
  17. CIAT. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1995. Pastos tropicales evitan calentamiento del planeta. Vol.13 – N° 2. Cali, Colombia.
  18. CBD 2003. Climate change. UNEP/CBD/SBSTTA/9/11
  19. Connolly Wilson R., Corea Siu C. (2007). Cuantificación de la captura y almacenamiento de carbono en sistema agroforestal y forestal en seis sitios de cuatro municipios de Nicaragua. Universidad Nacional Agraria Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente. Managua, Nicaragua Agosto, 2007. 85.
  20. Couturier. G.; Inga, S.H.; Tanchiva, EE. (1992). Insectos fitófagos que viven en *Myrciaria dubia* (Myrtaceae) frutal amazónico en la región de Loreto-Perú. En: *Folia Amazónica* 4(1): 19-28. Iquitos: IIAP

21. Chavez, W. (1993). Camu camu. In: C.w Clay; C.R. Clement. Selected species and strategies to enhance income generation from Amazonian forest. Rome. FAO: Misc./93/6 Working Paper.
22. Dávalos, R; Sotelo, E; Martínez, M. (2008). Almacenamiento de Carbono. Instituto Nacional de Ecología. MX. 11 p.
23. Díaz, C., López E., Del Águila J., Paredes E., Pinedo M., Abanto C. (2015), Almacenamiento de carbono en individuos de camu camu arbustivo [*Myrciaria dubia* (H.B.K) Mc Vaugh] plantados en el Centro Experimental San Miguel, Iquitos, Perú. Folia Amazónica Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Vol. 24 (1) 2015: 83 – 90.
24. Douterlungne D., Herrera-Gorocica A., Ferguson B., Siddique I., & Soto-Pinto L. (2013). Ecuaciones alométricas para estimar biomasa y carbono de cuatro especies leñosas neotropicales con potencial para la restauración. *Agrociencia*, 47(4), 385-397. Recuperado en 22 de julio de 2018, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952013000400007&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952013000400007&lng=es&tlng=es).
25. Enciso, R.; Villachica, H. (1993). Producción y manejo de plantas injertadas de camu camu (*Myrciaria dubia*) en vivero. Informe Técnico N° 25. Programa de Investigación en Cultivos Tropicales. INIA. Lima. 20 p
26. FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2017). El escenario más probable del Sector Forestal en el 2020 [Internet]. Enero 2017 [citado 2018 Mayo 30] Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/007/j4024s/j4024s08.htm>.

27. FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1986). Food and fruit-bearing forests species. 3: Examples from Latin America. For. Pap. 44/3. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 201-203.
28. Ferreira, S. A.; Gentil, G. D. O. (2003). Armazenamento de sementes de camu-camu (*Myrciaria dubia*) con diferentes graus de umidade e temperaturas. Rev. Bras. Frutic.,25(3):440-442.
29. Flores. P.S. (1997). Cultivo de frutales nativos amazónicos. Manual para el Extensionista. Lima (Perú): TCA- SPT. 307 pp.
30. García R., Paredes. Z., (1995). Estudio técnico de la extracción liofilizada de la pulpa refinada del fruto del "camu camu" (*Myrciaria dubia*) conteniendo ácido ascórbico (Vitamina C). Tesis. Ing. Químico. Iquitos (Perú): Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. 55 pp.
31. Gardner, F.P.; Brent Pearce, R; Mitchel, R.L. (1985) Carbon fixation by crop cano-pies. In: Physiology of Crop Plants. Iowa State University Press. Pp. 31-57.
32. Gastew R., (1993). Momento Óptimo de Trasplante bajo Diferentes Modalidades en Plántulas Repicadas de Camu camu (*Myrciaria dubia* McVaugh) en Iquitos. Tesis Ing. Agr. Iquitos (Perú): Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. 87 pp..
33. Gorbitz Dupuy G. (2011). Determinación de las Reservas de Carbono en la Biomasa Aérea en Plantaciones de 8 años de *Calycophyllum spruceanum* b. en el Valle del Aguaytía. Tesis para optar el Título de INGENIERO FORESTAL. Universidad Nacional Agraria La Molina. 72 pág.

34. Greenland, D. J. (1994). Long term cropping experiments in developing countries: The need, the history and the future. In Leigh, R.A., Johnston, A.E. eds. Long-term experiments in Agricultural and Ecological Sciences. p 187-209. CAB International, Wallingford 428 p.
35. Gonzales, M. (2008). Estimación de la biomasa aérea y captura de carbono en regeneración natural de *Pinus maximinoi* H. E. Moore, *Pinus oocarpa* var. *Ochoterenai* MTZ. Y *Quercus* sp en el norte del estado de Chiapas, Mexico. Tesis (M.Sc.). Centro
36. Gonzales R., (1987). Estudio técnico sobre la elaboración de conservas de camu camu (*Myrciaria dubia*). Tesis Ingeniería Alimentaria. Iquitos (Perú): Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.
37. Guzmán, W. y L. Arévalo. (2003). Servicios ambientales de almacenamiento de carbono como activo para el desarrollo en la Amazonía Peruana: avances y retos. Seminario Permanente de Investigación Agraria; Consorcio para el Desarrollo Sostenible de Ucayali; Universidad Nacional de Ucayali. SEPIA X El Problema Agrario en Debate. Tema III: La Diversidad como Activo para el Desarrollo. Pucallpa, Perú. 19-22 Ag 2003. Pucallpa, Perú. 37 pag.
38. Gutiérrez, R. A. (1969). Especies Frutales Nativas de la Selva del Perú; Estudio Botánico y de Propagación por Semillas. Lima (Perú): Universidad Nacional Agraria La Molina. 105 pp.
39. Houghton, R.A., Skole, D.L., Lefkowitz, D. S. (1991). Changes in the landscape of Latin America between 1850 and 1985. *Forest Ecology and Management*. 38: 173-199
40. Huamán H., Arevalo J., Bahia R., Baligar V. (2004). Cuantificación de la biomasa y la reserva de carbono en dos sistemas de producción de 44

genotipos de cacao. Instituto de Cultivos Tropicales (ICT), Tarapoto, Perú.SPCL/ARS/USDA.

41. Huapaya E. (1994). Determinación de la pérdida de Vitamina C durante el procesamiento y almacenamiento de pulpa de camu camu. Tesis Ingen. Alimentaría. Lima (Perú): Universidad Nacional Agraria La Molina
42. IIAP. 2001. Sistema de Producción de Camu camu en Restinga. Programa de Ecosistemas terrestres. Proyecto Bioexport. Camu camu. 60p.
43. Iلاسaca, Y. (1992). Momento Óptimo de Repique en Plántulas de Camu-Camu (*Myrciaria dubia* McVaugh) en Iquitos. Tesis Ing. Agr. Iquitos (Perú): Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. 63 pp
44. Imán, C. (2000). Caracterización y evaluación de germoplasma de camu camu *Myrciaria dubia* H.B.K. Bosques amazónicos 22: 6-8.
45. Inga, H.; Pinedo, M.; Delgado, C.; Linares, C.; Mejía, K. (2001). Fenología reproductiva de *Myrciaria dubia* MacVaugh (H.B.K.) Camu Camu. *Folia Amazonica* 12 (1 -2): 99-106
46. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (1994). Climate Change 1994. The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press, Cambridge.
47. IPCC. (2000). Land use, land-use change, and forestry special report. Cambridge University Press 377 pp.
48. Jacob y Vexkull, (1986). Fertilización: Nutrición y abono de los cultivos tropicales y sub tropicales. Editorial Barcelona. 626 p
49. Jørgensen, P. M.; S. León-Yáñez (eds.) (1999). Catalogue of the vascular plants of Ecuador. *Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.* 75: i–viii, 1–1182.

50. Lapeyre T., Alegre J., Arévalo L., (2004). Determinación de las reservas de carbono de la biomasa aérea, en diferentes sistemas de uso de la tierra en San Martín, Perú. Alegre, J., B. La Torre y M. Ara (eds). Sociedad Peruana de la Ciencia del Suelo; Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco; Universidad Nacional Agraria La Molina. IX Congreso Nacional y II Internacional de la Ciencia del Suelo: El suelo, manejo integrado de recursos naturales. 15-19 Nov 2004. Cusco Perú. pp.152.
51. Lal, R., Kimble, I., Levine, E, Stewart, B.A. (eds) (1995). Soils and global change. CRC & Lewis publishers, Boca Raton FL
52. Larrea, G. (2007). Determinación de las Reservas de Carbono en la Biomasa Aérea de Combinaciones Agroforestales de Theobroma cacao L. Departamento de San Martín. Tesis (Ing. Forestal), Universidad Nacional Agraria La Molina 89 p.
53. López, U. A.; C. Linares B. (2007): Cultivo de camu camu en suelos aluviales de Ucayali. Folleto técnico, Pucallpa, Perú.
54. López Valenzuela G. (2015). Valoración económica del servicio ambiental de captura de carbono en el Fundo Violeta (Distrito de Tahuamanu – Madre de Dios). Tesis para optar el título de Licenciado en Geografía y Medio Ambiente. Pontificia Universidad Católica del Perú. 81 pág.
55. López, A., Bicerra, E.; Díaz, E. (2006). Perfil ecológico de cuatro rodales de camu camu árbol *Myrciaria floribunda* (H. West. ex Willd) O. Berg. en Ucayali. *Ecología Aplicada* 5(1,2): 45- 52
56. López-Reyes L., Domínguez-Domínguez M., Martínez-Zurimendi P., Zavala-Cruz J., Gómez-Guerrero A., & Posada-Cruz S. (2016). Carbono

almacenado en la biomasa aérea de plantaciones de hule (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) de diferentes edades. *Madera y bosques*, 22(3), 49-60. <https://dx.doi.org/10.21829/myb.2016.2231456>

57. Martel, C.; Cairampoma, L. (2017). Cuantificación del carbono almacenado en formaciones vegetales amazónicas en "CICRA", Madre de Dios (Perú). *Ecología aplicada*, Lima, vol. 11, numero. 2, agosto 2012.  
  
Disponible en [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-22162012000200003&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162012000200003&lng=es&nrm=iso). accedido en 10 feb. 2017.
58. Masera, O; De Jong, B; Ricalde, I; Ordoñez, J. (2000). Consolidación de la oficina mexicana para la mitigación de gases de efecto invernadero. Reporte Final. IdeEUNAM. 168p.
59. Ministerio de Agricultura. (2000). Programa Nacional de Camu camu. MINAG/Instituto Nacional de Recursos Naturales. Unidad de Desarrollo de la Amazonía. 22 p.
60. Montoya, G., L. Soto, Ben de Jong, K. Nelson, P. Farias, Pajal Yakac Tic, J. Taylor y R. Tipper. (1995). Desarrollo Forestal Sustentable: Captura de Carbono en las Zonas Tzeltal y Tojolabal del Estado de Chiapas. Instituto Nacional de Ecología, Cuadernos de Trabajo 4. México, D.F.
61. Navia, J., Velarde, J. (2002). Prefactividad de captura de carbono para el conjunto predial LaMajada - Cerro Grande Uruapan Michoacán México.
62. OEFA. Problemática forestal en el departamento de Ucayali. [Internet]. Oct 2016 [citado 2018 Mayo 30] Disponible en:

<http://www.oefa.gob.pe/wp-content/uploads/2016/04/Tema-1.->

Problematica-forestal-en-Ucayali.pdf

63. Ocampo, A. (1985). Tesis: Evaluación de biomasa y restitución de residuos vegetales en tres sistemas agroforestales en Villa Rica. UNCP.
64. Olguín, M. (2001). Incorporación de la captura de carbono como propuesta de manejo forestal integral: Estudio de caso en una comunidad de la Meseta Purépecha. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. 73 pág.
65. Oliva, M. García F. (1998). Un nuevo campo de acción en la química biológica: Parte I. Generalidades sobre el cambio global. Educación Química. UNAM. México
66. Ordóñez, A. (1999). Estimación de la Captura de Carbono en un Estudio de Caso. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP. México DF.
67. Ordóñez J.; Masera O. (2001). Captura de carbono ante el cambio climático. Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal Universidad Autónoma del Estado de México. Madera y Bosques 7(1).
68. Ortiz, M. A. (1993). Técnicas para la estimación del crecimiento y rendimiento de árboles individuales y bosques. Cartago, CR, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 71 p.
69. Panduro, T. N. (2015). Dinámica de la absorción de los nutrientes y metales pesados en la biomasa estacional del cultivo de camu camu (*Myrciaria dubia* HBK), en un entisols de Yarinacocha. Tesis Para optar al Grado Académico de MAESTRO EN CIENCIAS. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 86 pág.

70. Peters, C. M.; Hammond, E. J. (1990). Fruits from the flooded forests of Peruvian Amazonia: Yield estimates for natural populations of three promising species. Pp. 159–76 in Prance G.T. and Balick M.J. (eds.) New directions in the study of plants and people. Advances in Economic Botany 8. New York: New York Botanical Garden
71. Pinedo, P.M.; Riva, R.R.; Rengifo, S.E.; Delgado, V.C.; Villacrés, V.J.; Gonzales, C.A.; Inga, S.H.; López, U.A.; Farronay, P.R.; Vega, V.R.; Linares, B. C. (2001). Sistema de Producción de camu camu en restinga. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Iquitos. Perú. 141 p.
72. Quitoran Dávila G. (2010) Determinación del potencial de captura de carbono en cinco especies forestales de dos años de edad, cedro nativo, (*Cedrela odorata*) caoba, (*Swietenia macrophylla*) bolaina, (*Guazuma crinita*) teca, (*tectona grandis*) y capirona, *Calycophyllum sprucearum*) en la localidad de Alianza San Martín 2009. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental. Universidad Nacional de San Martín. 113 pág.
73. Quiceno, U. N., Tangarife, M. G. (2013). Estimación del contenido de biomasa, fijación de carbono y servicios ambientales, en un área de bosque primario en el resguardo indígena Piapoco Chiguirochatare de Barrancominas, Departamento del Guainía. En internet [http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/1639/4\\_02\\_Quiceno\\_Urbina\\_Nubia\\_Janeth\\_2013.pdf?sequence=1](http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/1639/4_02_Quiceno_Urbina_Nubia_Janeth_2013.pdf?sequence=1) accedido el 5 de febrero del 2017

74. Riva R., Gonzales R., (1997). Tecnología del Cultivo de camu camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh) en la Amazonía Peruana. Lima: INIA. 45 pp.
75. Rodríguez, R. B.; Marx, F. 2006. Camu camu [*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh]: a promising fruit from the Amazon basin. *Ernaehrung* 30(9): 376-381.
76. Rodríguez-Larramendi L., Guevara-Hernández F., Reyes-Muro L., Ovando-Cruz J., Nahed-Toral J., Prado-López M., & Campos Saldaña R. (2016). Estimación de biomasa y carbono almacenado en bosques comunitarios de la región Frailesca de Chiapas, México. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 7(37), 77-94. Recuperado en 22 de julio de 2018, de:  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-11322016000500077&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322016000500077&lng=es&tlng=es).
77. Renner, S. S.; Balslev, H. & L. B. Holm-Nielsen (1990). Flowering plants of Amazonian Ecuador—A checklist. *AAU Rep.* 24: 1–241.
78. Rugnitz, MT.; Chacón, ML.; Porro R. 2009. Guia para Determinacao de Carbono em Pequenas Propriedades Rurais. Belém, Brasil.: Consórcio Iniciativa Amazónica (IA) e Centro Mundial Agroflorestal (ICRAF). 73 p.
79. Russo, R. O. (1983). Mediciones de biomasa en sistemas agroforestales. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 27 p.
80. Sanchez, V.; Baeza, R.; Galmarini, M.; Zamora, M.; Chirife, J. (2011). Freeze-drying encapsulation of red wine polyphenols in an amorphous matrix of maltodextrin. *Food Bioprocess Tech.* 2011; [doi: 10.1007/s11947-011-0654-z].

81. Segura, M.; Kanninen, M.; Alfaro, M.; Campos, J. (2000). Almacenamiento y fijación de carbono en bosques de bajura de la zona atlántica de Costa Rica. *Comunicación Técnica* 30: 23-28.
82. Sierra, C. (2001). Biomasa radical de los bosques secundarios del área de influencia de la Central Hidroeléctrica Porce II. Trabajo de Grado para optar por el título de Ingeniero Forestal. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Sin publicar.
83. Schindler, D. W. (1999). The mysterious missing sink. *Nature* 398: 105-107.
84. Sobral, M. (1993). Sinopse de *Myrciaria* (Myrtaceae). *Napaea* 9: 13-41.
85. Vásquez, R. (1997). Flórmula de las Reservas Biológicas de Iquitos, Perú: Allpahuayo- Mishana, Explornapo Camp, Explorama Lodge. *Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.* 63: i-xii, 543-553.
86. Vásquez, M. (2000). El camu camu; cultivo, manejo e Investigaciones. Iquitos (Perú): Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. 218 p.
87. Villacrez, L. (1981). Métodos de injertación y Productos Enraizantes en camu camu (*Myrciaria paraensis* Berg). Tesis Ing. Agr. Iquitos (Perú): Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. 55 pp.
88. Villachica, L. H.; Carvalho, J. E. U.; Muller, C. H. (1996). Frutales y Hortalizas Promisorias de la Amazonía. FAO - Tratado de Cooperación Amazónica. 412 p.
89. Wright, J. A.; Dinicola, T. and Gaitan, E. (2000). Latin American Forest Plantations: Opportunities for Carbon Sequestration, Economical Development, and Financial Returns. *Journal of Forestry.* 98(9): 20-23.

90. Zapata, S. M.; Dufour, J. P. (1993). Camu-camu *Myrciaria dubia* (HBK) Mc Vaugh: chemical composition of fruit. *Journal of the science of food and agriculture. J. sci. food agric.* 61(3):349-351.
91. Zamora, C. J. (2003). Tesis Estimación del contenido de carbono en biomasa aérea en el bosque de pino del ejido "La Majada" Municipio de Periban de Ramos, Michoacán. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez". México. 59 pag.
92. Zapata, S. M.; Dufour, J. P. (1993). Camu-camu *Myrciaria dubia* (HBK) McVaugh: chemical composition of fruit. *Journal of the science of food and agriculture. J. sci. food agric.* 61(3):349-351.

**ANEXO**

## ANEXO 1

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

**TITULO: “DETERMINACIÓN DE LA CAPTURA DE CARBONO EN PLANTACIONES DE CAMU CAMU *Myrciaria dubia* H.B.K Mc Vaugh DE DIFERENTES EDADES EN PARCELA PRIVADA DEL DISTRITO DE YARINACOCHA, REGIÓN UCAYALI, PERÚ”**

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Indicadores	Metodología
<p><b>Problema general:</b> ¿Cuál es el potencial de captura de carbono de las plantaciones de <i>Myrciaria dubia</i> H.B.K Mc Vaugh (camu camu) de diferentes edades en el distrito de Yarinacocha de la Región Ucayali?</p> <p><b>Problemas específicos:</b> 1.¿Se podrá conocer la biomasa total de plantas de camu camu de 5, 10 y 15 años de instalado respectivamente? 2.¿Se puede generar una ecuación alométrica que estime la cantidad de carbono capturado por plantas de camu camu de 5, 10 y 15 años de edad? 3.¿Cuál sería la cantidad de carbono fijado por plantas de camu camu de 5, 10, y 15 años de edad?</p>	<p><b>Objetivo general:</b> Analizar el potencial de captura de carbono en plantaciones de <i>Myrciaria dubia</i> H.B.K Mc Vaugh (camu camu) de diferentes edades en el distrito de Yarinacocha de la Región Ucayali.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b> •Determinar la biomasa total de la plantación de camu camu de 5, 10 y 15 años de instalado respectivamente. •Elaborar una ecuación alométrica que estime la cantidad de carbono capturado por plantas de camu camu de 5, 10 y 15 años de edad. 3. Determinar la cantidad de carbono fijado por plantas de camu camu de 5, 10, y 15 años de edad</p>	<p><b>Hipótesis general:</b> Hi: “Las plantaciones de camu camu de mayor edad son los que capturan mayor cantidad de dióxido de carbono de la atmósfera” H0: “Las plantaciones de camu camu de menor edad son los que capturan mayor cantidad de dióxido de carbono de la atmósfera”.</p>	<p>Variable independiente: X = Edad de la planta de camu camu.</p> <p>Variable dependiente: Y = Contenido de Carbono en Plantaciones de camu camu de 5, 10 y 15 años de edad.</p>	<p>. Plantaciones de camu camu de 5 años de edad . Plantaciones de camu camu de 10 años de edad. . Plantaciones de camu camu de 15 años de edad.</p> <p>. Contenido de carbono en la biomasa total . Contenido de carbono en el suelo</p>	<p>Tipo de investigación. Descriptivo y Explicativo. Población. Distrito de Yarinacocha Muestra. Para el cálculo del tamaño muestral se consideró un nivel de confianza de 95% y un error de 5%, el cual se trabajó con 65 plantas en la zona de estudio. Los datos serán procesados haciendo uso del paquete estadístico SAS versión 8.1 para Windows y los resultados se presentarán en tablas y gráficos haciendo uso de la estadística descriptiva e inferencial. Para la prueba de hipótesis se hará uso de la regresión y correlación r de Spearman para determinar qué tan intensa es la relación entre las dos variables.</p>

## ANEXO 2

## INSTRUMENTO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

ESCUELA DE POSGRADO



MAESTRÍA: MEDIO AMBIENTE GESTIÓN SOSTENIBLE Y

RESPONSABILIDAD SOCIAL

TÍTULO:

“DETERMINACIÓN DE LA CAPTURA DE CARBONO EN PLANTACIONES DE CAMU CAMU *Myrciaria dubia* H.B.K Mc Vaugh DE DIFERENTES EDADES EN EL DISTRITO DE YARINACOCHA, DEPARTAMENTO DE UCAYALI, PERÚ”

HOJA DE CAMPO PARA TOMA DE MUESTRA:

HOJA DE CAMPO PARA LA TOMA DE MUESTRAS						
MUESTRA TOMADA POR : .....						
PROVINCIA.....DISTRITO.....DEPARTAMENTO.....						
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA ( )						
TOMA DE LA MUESTRA: ... FECHA.....HORA.....						
INDICADORES						
ANÁLISIS FÍSICO ( ) EN CAMPO			( ) EN LABORATORIO.....			
PESO SECO DE LA MUESTRA	PESO FRESCO DE LA MUESTRA	MUESTRAS TOMADAS			PORCENTAJES DE CENIZA	CONTENIDO DE HUMEDAD
		Biomasa Total	Contenido de Humedad	Peso Fresco Total		
OBSERVACIONES:						

## ANEXO 3

## ANÁLISIS DE CORRELACIÓN MÚLTIPLE PARA DETERMINAR

The SAS System

3

The CORR Procedure

10 Variables: alplanta diamtallo pfrescohoja pfrescotallo psecotallo psecomuestra  
 humedadhoja humedadtallo biomasatallo

## Simple Statistics

Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum
alplanta	65	3.22692	0.50152	209.75000	2.12000	3.94000
diamtallo	65	12.00000	1.71391	780.00000	10.00000	15.00000
pfrescohoja	65	2.28938	0.37711	148.81000	0.99000	2.98000
pfrescotallo	65	2.50000	0.42485	162.50000	1.50000	3.50000
psecotallo	65	2.09031	0.36521	135.87000	1.20000	2.77000
psecomuestra	65	2.29092	0.37570	148.91000	0.99000	2.98000
humedadhoja	65	35.47955	17.64883	2306	10.52600	83.33300
humedadtallo	65	20.08154	8.05599	1305	10.00000	39.29000
biomasatallo	65	20.07606	3.41163	1305	12.04600	28.10600

## Pearson Correlation Coefficients, N = 65

Prob &gt; |r| under H0: Rho=0

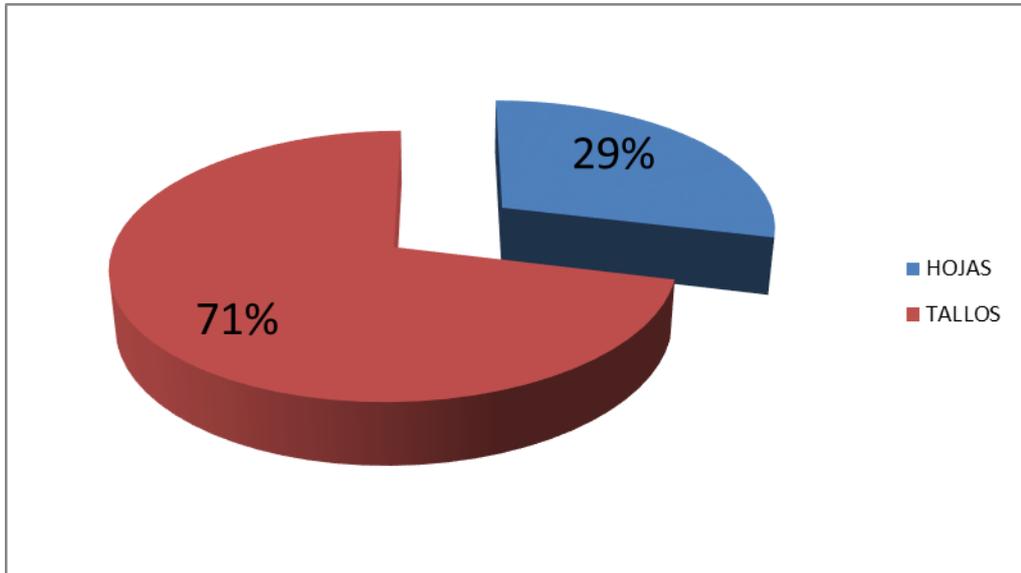
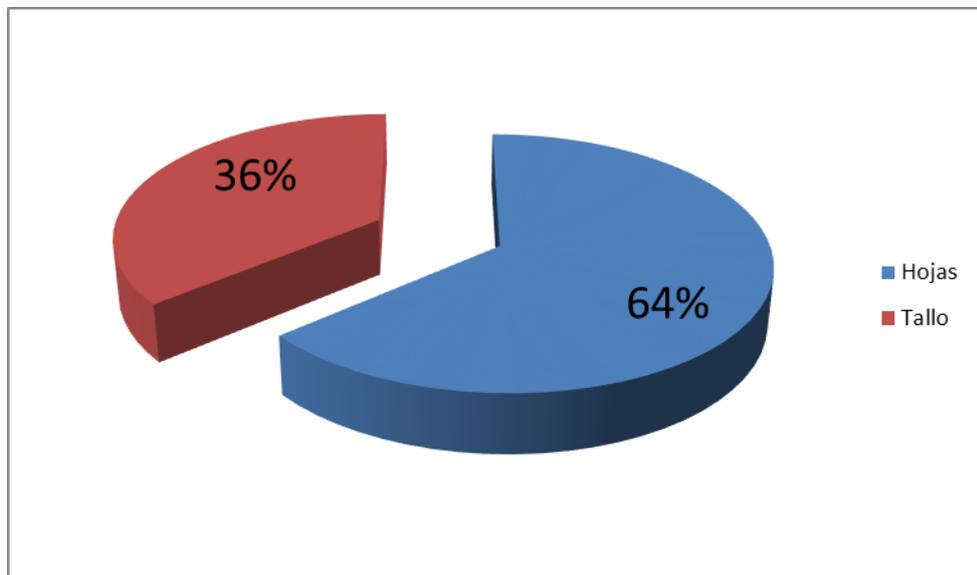
	alplanta	diamtallo	pfrescohoja	pfrescotallo	psecotallo	psecoraiz
alplanta	1.00000	-0.06399	-0.15171	-0.13349	-0.13791	-0.03417
		0.6126	0.2277	0.2891	0.2733	0.7870
diamtallo	-0.06399	1.00000	0.01523	0.25020	0.32552	-0.07822
	0.6126		0.9042	0.0444	0.0081	0.5357
pfrescohoja	-0.15171	0.01523	1.00000	0.08047	0.10354	-0.25970
	0.2277	0.9042		0.5240	0.4118	0.0367
pfrescotallo	-0.13349	0.25020	0.08047	1.00000	0.93625	-0.02134
	0.2891	0.0444	0.5240		<.0001	0.8660
psecotallo	-0.13791	0.32552	0.10354	0.93625	1.00000	-0.05493
	0.2733	0.0081	0.4118	<.0001		0.6639
psecomuestra	-0.14753	0.01286	0.99946	0.08371	0.10518	-0.26012
	0.2409	0.9190	<.0001	0.5074	0.4044	0.0364
humedadhoja	0.06672	0.01162	0.07526	-0.07259	-0.03237	-0.11990
	0.5975	0.9268	0.5513	0.5655	0.7980	0.3414
humedadtallo	0.02268	-0.23802	-0.09761	-0.00278	-0.34816	0.07962
	0.8577	0.0562	0.4392	0.9825	0.0045	0.5284
biomasatallo	-0.13349	0.25021	0.08047	1.00000	0.93624	-0.02135
	0.2891	0.0444	0.5240	<.0001	<.0001	0.8660

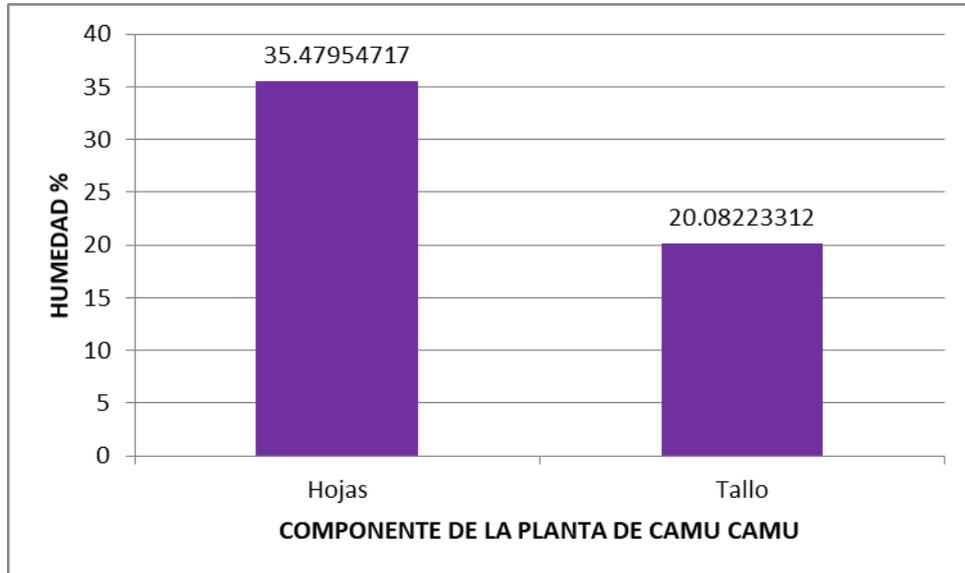
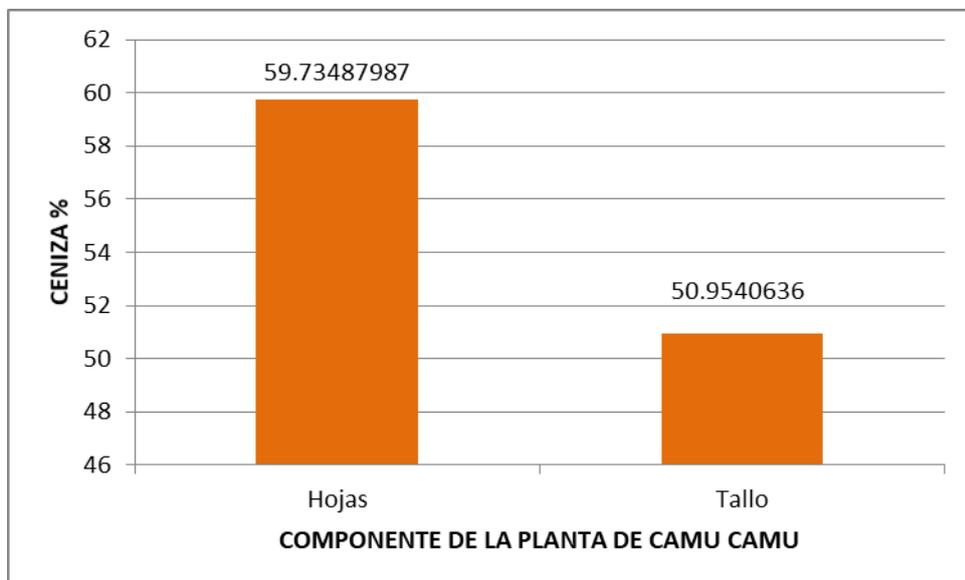
## Pearson Correlation Coefficients, N = 65

Prob &gt; |r| under H0: Rho=0

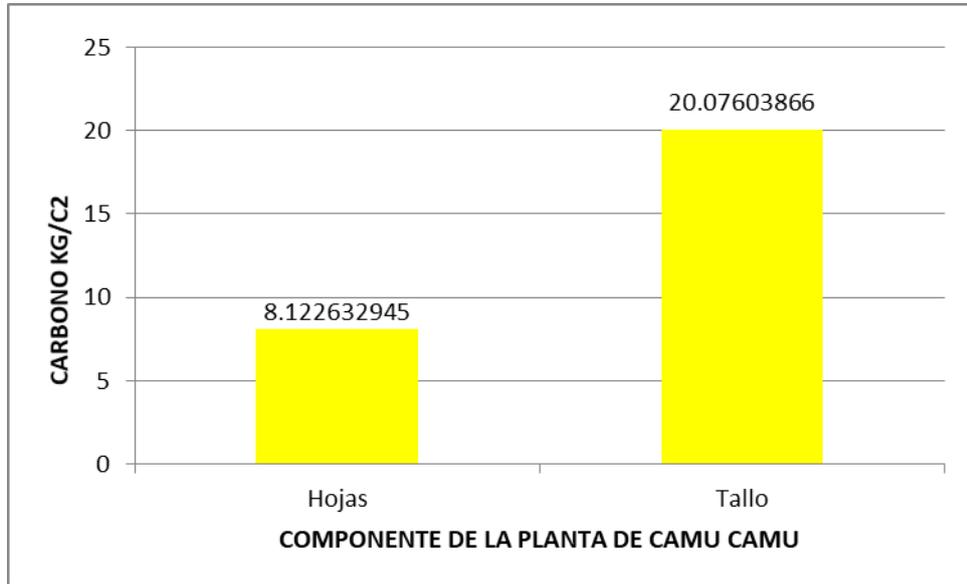
	psecomuestra	humedadhoja	humedadtallo	biomasatallo
alplanta	-0.14753	0.06672	0.02268	-0.13349
	0.2409	0.5975	0.8577	0.2891
diamtallo	0.01286	0.01162	-0.23802	0.25021
	0.9190	0.9268	0.0562	0.0444
pfrescohoja	0.99946	0.07526	-0.09761	0.08047
	<.0001	0.5513	0.4392	0.5240

pfrescotallo	0.08371	-0.07259	-0.00278	1.00000
	0.5074	0.5655	0.9825	<.0001
psecotallo	0.10518	-0.03237	-0.34816	0.93624
	0.4044	0.7980	0.0045	<.0001
psecomuestra	1.00000	0.07987	-0.09426	0.08371
	0.5271	0.4551	0.5074	
humedadhoja	0.07987	1.00000	-0.13059	-0.07259
	0.5271	0.2998	0.5655	
humedadtallo	-0.09426	-0.13059	1.00000	-0.00277
	0.4551	0.2998	0.9825	
biomasatallo	0.08371	-0.07259	-0.00277	1.00000
	0.5074	0.5655	0.9825	

**Anexo 4.** Biomasa total del camu camu (Kg/Planta).**Anexo 5.** Porcentaje de humedad promedio del camu camu (kg/planta).

**Anexo 6.** Porcentaje de humedad promedio del camu camu (kg/planta).**Anexo 7.** Distribución del contenido del porcentaje de ceniza por componente del camu camu.

**Anexo 8.** Contenido de carbono de planta de camu camu.



**Anexo 9.** Determinación de biomasa contenido de carbono por planta y hectarea en camu camu.

