

**UNIVERSIDAD NACIONAL
“TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA
DE AMAZONAS”**



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

“Determinación de reserva de carbono en suelo y especies
arbustivas nativas de Chamana (*Dodonaea viscosa* (L.) Jacq.)
y Tayango (*Baccharis* sp.) para servicios ecosistémicos en
Tozán, Lámud”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

Autor:

Br. Leider Tafur Chuquizuta

Asesor:

M. Sc. Segundo Manuel Oliva Cruz

Coasesor:

Ing. Lorenzo Esaú Culqui Mirano

CHACHAPOYAS – PERÚ

2018

**UNIVERSIDAD NACIONAL
“TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA
DE AMAZONAS”**



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

“Determinación de reserva de carbono en suelo y especies
arbustivas nativas de Chamana (*Dodonaea viscosa* (L.) Jacq.)
y Tayango (*Baccharis* sp.) para servicios ecosistémicos en
Tozán, Lámud”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

Autor:

Br. Leider Tafur Chuquizuta

Asesor:

M. Sc. Segundo Manuel Oliva Cruz

Coasesor:

Ing. Lorenzo Esaú Culqui Mirano

CHACHAPOYAS – PERÚ

2018

DEDICATORIA

A mis padres Marina Isabel Chuquizuta Fernández y Augusto Gil Tafur Peláez; que a través de estos años de formación y apoyo incondicional me han inculcado el amor y la perseverancia por lograr mis objetivos.

A la memoria de mi mamá Olinda Trinidad Fernández Santillán, quien a través de sus consejos y experiencias vividas me formó cada día y me motivo a ser mejor a pesar de las dificultades.

Leider Tafur Chuquizuta

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haberme dado la vida, y brindarme siempre, salud, tenacidad y fe para la realización de mis metas.

Al Ing. M. Sc. Segundo Manuel Oliva Cruz, quien siempre ha mostrado su apoyo incondicional, que a través de su experiencia y conocimientos asesoró la realización del presente trabajo de investigación.

Al Ing. Lorenzo Esaú Culqui Mirano, coasesor de esta tesis, por su valioso aporte al presente trabajo, por su tiempo, paciencia e interés para hacer posible la realización de esta tesis.

Al Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES), por ser una institución que fomenta la investigación y sirve para generar desarrollo a nuestra región.

A la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, cuna de mi formación, que me albergó durante el transcurso de estudiante universitario.

A la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, *Alma Mater*, en cuyas aulas me he formado en todos los aspectos.

De igual forma a mis familiares y amigos quienes me brindaron aprecio, cariño y apoyo en mi formación.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO
RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**

Dr. Policarpio Chauca Valqui

Rector

Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón

Vicerrector Académico

Dra. Flor de Teresa García Huamán

Vicerrectora de Investigación

Dr. Oscar Andrés Gamarra Torres

Decano de la Facultad de

Ingeniería Civil y Ambiental

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS

El Docente de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas que suscribe, hace constar que ha asesorado la realización de la tesis titulada “**Determinación de reserva de carbono en suelo y especies arbustivas nativas de chamana (*Dodonaea viscosa* (L.) Jacq.) y tayango (*Baccharis* sp.) para servicios ecosistémicos en Tozán, Lámud**”; del Bachiller de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, egresado de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental:

- Bach. Leider Tafur Chuquizuta.

El suscrito da el visto bueno al informe de la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, manifestando su voluntad de apoyar al tesista en el levantamiento de observaciones y en el Acto de sustentación de tesis.

Chachapoyas, 10 de Marzo de 2018

M. Sc. Segundo Manuel Oliva Cruz

Docente Auxiliar a tiempo completo de la UNTRM-A

VISTO BUENO DEL COASESOR DE TESIS

El que suscribe, de profesión Ingeniero Zootecnista de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas ha coasesorado la realización de la tesis titulada **“Determinación de reserva de carbono en suelo y especies arbustivas nativas de chamana (*Dodonaea viscosa* (L.) Jacq.) y tayango (*Baccharis* sp.) para servicios ecosistémicos en Tozán, Lámud”**; del Bachiller de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, egresado de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental:

- Bach. Leider Tafur Chuquizuta.

El suscrito da el visto bueno al informe de la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, manifestando su voluntad de apoyar al tesista en el levantamiento de observaciones y en el Acto de sustentación de tesis.

Chachapoyas, 10 de Marzo de 2018

Ing. Lorenzo Esaú Culqui Mirano

DNI N° 44939245

JURADO EVALUADOR

Mg. Lenin Quiñones Huatangari

Presidente

M. Sc. Elí Pariente Mondragón

Secretario

Lic. José Luis Quispe Osorio

Vocal



ANEXO 2-N

ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS

En la ciudad de Chachapoyas, el día 19 de abril del año 2018, siendo las 6:00 pm. horas, el aspirante: Br. Leider Tafur Chugurizuta. defiende públicamente la Tesis titulada: "Determinación de reserva de carbono en suelo y especies arbustivas nativas de Chamana (Dodonaea viscosa (L.) Jacq.) y Tapanga (Bacharis sp) para servicios ecosistémicos en Tozán, Lamud" para optar el Título Profesional en Ingeniero Ambiental.

otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, ante el Jurado, constituido por:
Presidente : Mg. Lenin Guñones Huelangari
Secretario : M.Sc. Eli Pariente Mondragón
Vocal : Lic. José Luis Quispe Osorio.

Procedió el (los) aspirante (s) a hacer la exposición de los antecedentes, contenido de la tesis y conclusiones obtenidas de la misma, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la tesis presentada, los miembros del jurado pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones u objeciones consideran oportunas, las cuales fueron contestadas por el los aspirante (s).

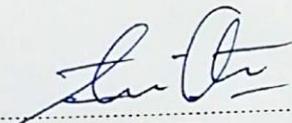
Tras la intervención de los miembros del jurado y las oportunas contestaciones del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los miembros del jurado presentes en el acto, a fin de que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

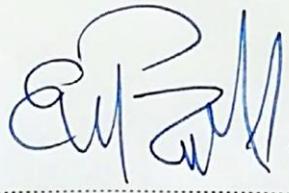
Seguidamente, a puerta cerrada, el jurado determinará la calificación global concedida a la tesis, en términos de:

Notable o sobresaliente (X) Aprobado () No apto ()

Otorgada la calificación el presidente del Jurado comunica, en sesión pública, la calificación concedida. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las horas 7:30 pm del mismo día, el jurado concluye el acto de sustentación del Trabajo de Investigación.


PRESIDENTE


SECRETARIO


VOCAL

OBSERVACIONES:



ANEXO 2-0

DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO

Yo Leider Tafur Chuguruta

identificado con DNI N° 72225942

Estudiante de la Escuela Profesional de

Ingeniería Ambiental

Facultad de Civil y Ambiental

de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Amazonas.

DECLARO BAJO JURAMENTO QUE:

1. Soy autor de la Tesis titulada: "Determinación de reserva de carbono en suelo y especies arbustivas nativas de Chamana (Dodonaea viscosa (L.) Jacq.) y Tayango (Baccharis sp.) para servicios ecosistémicos en Tozán, Lámud"

La misma que presento para optar: Título Profesional de Ingeniero Ambiental

2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo toda responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para LA UNTRM en favor de terceros por motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido de la tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones civiles y penales que de mi acción se deriven.

Chachapoyas, 10 de marzo de 2018.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS.....	v
VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS	vi
VISTO BUENO DEL COASESOR DE TESIS	vii
JURADO EVALUADOR.....	viii
ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS.....	ix
DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO	x
INDICE GENERAL.....	xi
INDICE DE TABLAS	xiii
INDICE DE FIGURAS	xiv
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Realidad problemática	2
1.2 Formulación del problema	2
1.3 Justificación del problema	2
II. OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo General.....	3
2.2 Objetivos Específicos	3
III. MARCO TEÓRICO	4
3.1 Antecedentes de la investigación.....	4
3.2 Bases Teóricas	5
3.2.1 Determinación de la biomasa.....	5
3.2.2 Determinación del carbono	6
3.3 Definición de términos básicos.....	7
3.3.1 Carbono.....	7
3.3.2 Carbono fijado	7
3.3.3 Ciclo Global del Carbono	7
3.3.4 Carbono en plantas.....	8

3.3.5 Carbono en ecosistemas	9
3.3.6 Captura de carbono	10
3.3.7 Carbono en suelo.....	11
3.3.8 Chamana (<i>Dodonaea viscosa</i>)	11
IV. MATERIAL Y MÉTODOS	12
4.1 Zona de estudio.....	12
4.1.1 Población, muestra y muestreo	13
4.2 Métodos, procedimiento y análisis de datos	13
4.2.1 Métodos.....	13
4.2.2 Procedimiento	14
4.2.3 Análisis de datos	15
V. RESULTADOS.....	17
VI. DISCUSIÓN	28
VII. CONCLUSIONES.....	31
VIII. RECOMENDACIONES.....	33
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
ANEXOS	38

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Producción de biomasa aérea total de Chamana y Tayango en el sector Tozán.....	19
Tabla 2. Contenido de biomasa y carbono aéreo en Chamana y Tayango	21
Tabla 3. Cálculo del Carbono en el suelo.....	23
Tabla 4. Contenido total de carbono en las especies arbustivas chamana y tayango, y en el suelo del Sector de Tozán.....	23
Tabla 5. Estadísticos de ajuste de los modelos probados para la estimación de biomasa total para Chamana.....	26
Tabla 6. Estadísticos de ajuste de los modelos probados para la estimación de biomasa total para Tayango.....	26

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. El ciclo global del carbono en la actualidad	8
Figura 2. Diagrama simplificado de los flujos y almacenes de Carbono en un Ecosistema Forestal.....	10
Figura 3. Ubicación de calicatas en el Sector de Tozán.....	12
Figura 4. Correlación entre porcentaje de materia orgánica y carbono en el suelo.....	18
Figura 5. Producción de biomasa seca de Chamana en función a la altura.....	20
Figura 6. Producción de biomasa seca de Tayango en función a la altura.....	21
Figura 7. Distribución de biomasa seca y carbono almacenado en los diferentes componentes de la Chamana.....	22
Figura 8. Distribución de biomasa seca y carbono almacenado en los diferentes componentes del Tayango.....	22
Figura 9. Relación entre Biomasa y la altura.....	24
Figura 10. Relación entre Biomasa y la altura.....	25
Figura 11. Relación del Biomasa con relación a la cantidad de carbono en función del modelo de regresión cuadrática.....	27

RESUMEN

Existen diversas metodologías para cuantificar el contenido de carbono, estas metodologías permiten medir la cantidad del carbono capturado por medio de modelos alométricos de biomasa. La investigación se realizó en el sector Tozan ubicado a 2280 msnm., en el Distrito de Lámud, Provincia de Luya, Departamento de Amazonas. Se determinó la reserva de carbono en el suelo y especies arbustivas nativas de Chamana (*Dodonaea viscosa* (L.) Jacq.) y Tayango (*Baccharis* sp.) para servicios ecosistémicos. En el estudio, se obtuvo el carbono total en el sector compuesto por, el carbono en la biomasa vegetal total de Chamana más el carbono en la biomasa vegetal de Tayango y el carbono total en el suelo, llegando a un total de 16.45 Tn/ha; además los modelos alométricos que describen el comportamiento de la biomasa, DAP y la altura es de regresión lineal múltiple: $BT_{(kg)}=3.700+6.511(AF)-0.265(DAP)$, para la Chamana; y para el Tayango es de regresión cuadrática: $BT_{(kg)}=3.796-3,737(AF)^2+2,485(AF)$. La realización de estudios de emisión-captura de carbono a nivel regional en ecosistemas forestales son de interés debido a que presentan procesos muy dinámicos en el uso de especies arbustivas.

Palabras clave: Biomasa seca, reserva de carbono, Chamana, Tayango.

ABSTRACT

There are several methodologies for quantify the carbon content, there are several methods that allow to quantify the carbón content of the species in a given sector, these methods allow to obtain a reality of the carbon captured by means of allometric models of biomes. The investigation was carried out in the sector Tozan located at 2280 meters above sea level in the District of Lámud, Province of Luya, Department of Amazonas. The reserve of carbon in the soil and shrub native species Chamana (*Dodonaea viscosa* (L.) Jacq.) and Tayango (*Baccharis* sp.) for ecosystem services was determined. In this study, the total carbon was obtained in the sector formed by the carbon in the total vegetable biomass of Chamana, plus the carbon in the plant biomass of Tayango and the total carbon in the soil, reaching A total of 16.45 Tn/ ha, in addition to the Allometric models that describe the behavior of the biomass, DAP and the height is the multiple linear regression: $BT_{(kg)}=3.700+6.511(AF)-0.265 (DAP)$, for the Chamana and for Tayango is quadratic regression: $BT (kg) =3.796-3,737(AF)^2 +2,485(AF)$. Which is one of the main tasks for carrying out carbon emission studies at a regional level in forest ecosystems that present very dynamic processes in the use of shrub species.

Keywords: Dry biomass, carbon reservation, Chamana, Tayango.

I. INTRODUCCIÓN

El carbono presente en el suelo se constituye como una línea importante en la investigación, debido a que las reservas de carbono orgánico del suelo constituyen una gran parte del total de reservas de carbono terrestre. Según Bojórquez, Castillo, Hernández, García y Madueño (2015) indica que el carbono del suelo al ser parte de la materia orgánica influye en las propiedades del suelo como la estructura, la capacidad de intercambio catiónico, la densidad aparente, la porosidad y la infiltración; asimismo Robert (2002) refiere que las emisiones netas de carbono pueden ser reducidas ya sea disminuyendo la tasa a la cual se emiten a la atmósfera los gases de invernadero o incrementando la tasa por la cual esos gases son retirados de la atmósfera gracias a los sumideros.

La presencia de carbono en el suelo es importante debido a sus implicancias sobre la producción de recursos para satisfacer la demanda de la población mundial, y el potencial de los ecosistemas agroforestales para fijar carbono, ya que es una forma de limpieza de CO₂ de la atmósfera; como indica Cruz-Flores y Etchevers-Barra (2011) esto se constituye como un indicador de sostenibilidad porque su acumulación resulta de la producción primaria neta y también porque con la captura de carbono en el suelo se mitiga el calentamiento global al disminuir la concentración de gases con efecto invernadero.

Existen diferentes metodologías que cuantifican el carbono capturado por las especies en un bosque determinado, estas metodologías permiten obtener una realidad del carbono capturado por medio de modelos alométricos de biomasa. En el trabajo de investigación se recurre al uso de estos modelos debido a que permiten determinar el comportamiento de las variables de estudio, y como estas, están en interdependencia una de la otra.

El trabajo realizado tiene como objetivo determinar la cantidad de reserva de carbono en el suelo y especies arbustivas nativas chamana y tayango para servicios ecosistémicos teniendo como área de estudio el sector Tozán, ubicado en la provincia de Luya, región Amazonas.

1.1 Realidad problemática

En la actualidad a través de diversos espacios ha surgido la preocupación en lo concerniente con el cambio climático global debido a una elevada emisión de gases de efecto invernadero (GEI); para Concha, Alegre, & Pocomucha (2007) el aumento de la concentración de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera de la tierra es una preocupación mundial, y se considera como uno de los 6 principales gases que intervienen en el efecto invernadero. La región Amazonas, no es ajena a esta realidad evidenciándose en las lluvias y sequías intensas que se presentan y que logran afectando importante la producción a nivel general, por esta razón consideramos la importancia del desarrollo de esta investigación en la zona de estudio escogida debido a su potencial como reserva de carbono en el suelo y especies arbustivas nativas chamana, tayango con el propósito de mitigar la problemática ambiental y constituirse como uno servicio ecosistémico en el sector Tozán.

1.2 Formulación del problema

¿Cuál es la cantidad de carbono almacenado en el suelo y especies arbustivas nativas chamana (*Dodonaea viscosa* (L.) Jacq.) y tayango (*Baccharis* sp.), para servicios ecosistémicos en el sector Tozán, Lámud, Luya, Amazonas?

1.3 Justificación del problema

El carbono en los suelos es de suma importancia debido a la concentración del CO₂ atmosférico y su rol que tiene al mitigar el efecto invernadero, y además es utilizado como indicador de sustentabilidad. Para proponer estrategias viables respecto al manejo de los recursos naturales y del suelo, principalmente, es indispensable conocer la dinámica del carbono, y contar con especies que fortalezcan la producción de biomasa seca en la zona impacto. El proyecto busca beneficiar a los agricultores, ganaderos y propietarios de los terrenos donde se realizaran los estudios, por consiguiente mejorar su producción y su economía. Además, en el área en mención se encuentra ubicado una pequeña Laguna la cual es la única fuente de agua para ganado vacuno y ovino de grandes extensiones de terreno, la cual con el paso de los años ha venido disminuyendo su nivel de agua de manera considerable. Poniendo en riesgo la crianza de animales y por ende la economía de las familias.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Determinar la reserva de carbono en el suelo y especies arbustivas nativas chamana (*Dodonaea viscosa* (L.) Jacq.) y tayango (*Baccharis* sp.), para servicios ecosistémicos en el sector Tozán, Lámud, Luya, Amazonas.

2.2 Objetivos Específicos

- Determinar el carbono retenido en el suelo, en dos profundidades (0-15 cm y 15-30 cm).
- Estimar la cantidad de carbono retenido en dos especies arbustivas seleccionadas: Chamana y Tayango.
- Calcular el carbono total retenido del área de estudio (sector de Tozán).
- Establecer las ecuaciones alométricas para las especies arbustivas.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes de la investigación

El carbono de los bosques del mundo ha sido estimado en 861 Pg (1 Pg = 1×10^{15} g), de los cuales, 383 Pg se encuentran en el suelo (44%), 363 Pg en la biomasa aérea (42%), 73 Pg en la madera muerta (8%) y 43 Pg se encuentran en el mantillo (5%) (Pan *et al.*, citado en Galicia *et al.*, 2016)

Según Avilés-Hernández *et al.* (2009) indican que una variación existente en el carbono almacenado en el suelo (gradual creciente) desde la cresta a la planicie, así como valores decrecientes al aumentar la profundidad. La mayor reserva de carbono total se encontró en la planicie (208 t C ha^{-1}) y la menor en la cresta (159 t C ha^{-1}); el mayor almacén de carbono se encontró en los primeros 15 cm de profundidad, con 85 t C ha^{-1} en promedio.

Carvajal, Feijoo, Quintero y Rondón (2009) , en su estudio obtuvo contenidos de C entre $37,06$ y $42,88 \text{ t ha}^{-1}$, asimismo identificó que los barbechos y monocultivos almacenaron más carbono en la parte subterránea del suelo; mientras que en sitios más conservados los contenidos de carbono fueron bajos. Estas diferencias encuentran su sustento teórico según Paz, Argumedo, Cruz, Etchevers y de Jong (2016), en que la textura del suelo es un rasgo estático y el carbono orgánico en el suelo (COS) una propiedad dinámica, que varía en función del clima, uso del suelo, tipo de suelo, mineralogía, etc.

Pastor, Rivas, Martínez, Campos y Márquez (2015); en su investigación sobre los cambios en las reservas de carbono orgánico en el suelo (COS) en un gradiente altitudinal en la Península de Paraguaná, obtuvo que las reservas de COS fueron mayores en el sitio de mayor altitud (400 msnm) con un valor de $101,5 \text{ t ha}^{-1}$, mientras que en el sitio más bajo (1 msnm) las reservas de carbono fueron de $7,8 \text{ t ha}^{-1}$; estas variaciones fueron relacionadas a la disminución de la temperatura, al incremento de la precipitación con la altitud, y a la vegetación también es importante en las reservas de carbono.

Monreal *et al.* (2005) y Galicia *et al.* (2016); en la investigación sobre el potencial de captura de C en la vegetación y los suelos de los bosques templados en México, este fue estimado en 200 y 327 Mg ha⁻¹ respectivamente, generados por las actividades humanas como el cambio de uso, el manejo forestal, los incendios, la regeneración y la sustitución de especies.

Mahecha (2016); indica que con el incremento de la cobertura de vegetación como la conversión de pastura pura a sistemas silvopastoriles incrementa la cantidad de carbono almacenado, registrando que a través de la reforestación, la agroforestería y la protección de bosques de 300 a 600 mil. ha en los trópicos podrían conservar y almacenar entre 36 - 71 Pg de carbono durante más de 50 años.

3.2 Bases Teóricas

3.2.1 Determinación de la biomasa

Fonseca, Alice y Rey (2009); indican que la biomasa que es un parámetro que caracteriza la capacidad de los ecosistemas para acumular materia orgánica a lo largo del tiempo. Por otro lado, la biomasa es la masa total de organismos vivos presentes en un área o volumen dados. La biomasa es importante para cuantificar la cantidad de nutrientes en diferentes partes de las plantas y estratos de la vegetación.

Arnáiz, Isac & Lebrato (2000); indican que la determinación de la biomasa es una de las variables más importantes de un bioproceso. Ya que su determinación nos lleva a la comprensión de la eficiencia del mismo. Se trata de una variable clave para establecer las tasas de producción, de consumo de nutrientes y el cálculo de los balances de masa de cualquier proceso biológico.

Existen dos métodos comúnmente usados para estimar la biomasa: el método directo y el indirecto. Dentro del primero está el destructivo, que consiste en cortar el árbol y determinar la biomasa pesando directamente cada componente. Dentro de los indirectos se utilizan métodos de cubicación del árbol donde se suman los volúmenes de madera, se toman

muestras de ésta y se pesan en el laboratorio para calcular los factores de conversión de volumen a peso seco, es decir, la gravedad o densidad específica. Otra forma de estimar la biomasa es mediante ecuaciones o modelos basados en análisis de regresión, que utilizan variables colectadas en el campo tales como el diámetro a la altura del pecho (d), la altura comercial (hc) y total (ht), el crecimiento diamétrico, el área basal y la densidad específica de la madera. Este método no es destructivo y es extrapolable a situaciones de crecimiento similares (Fonseca *et al.*, 2009)

3.2.2 Determinación del carbono

Nadler, Meza, Torres & Jara (2001); indica que se necesita metodologías prácticas que permitan determinar la acumulación de carbono con el fin de generar datos que faciliten las decisiones de manejo forestal y que posibiliten el incremento en la capacidad de captura de carbono. Asimismo Trelles (2012), indica que el secuestro de carbono es un servicio ambiental basado en la capacidad de los árboles para absorber y almacenar el carbono atmosférico en forma de biomasa. Los niveles de absorción pueden ser mejorados con el manejo adecuado de los ecosistemas forestales, evitando su conversión en fuentes emisoras de gases de efecto invernadero.

La determinación de carbono orgánico se puede realizar por diversos métodos; Villegas (2014) menciona los siguientes:

- Por combustión seca en un analizador automático tal como el equipo según lo descrito por Echevers *et al.* (2001).
- Con un analizador elemental de gases CHON (descrito por Jurado *et al.*, 2013)
- Por digestión húmeda utilizando la técnica de Walkley y Black (descrita por Segura *et al.*, 2005) quizá la más utilizada; para expresar los resultados por este método se debe tener presente que las distintas fracciones poseen diferente composición porcentual de carbono orgánico, considerando una composición errónea puede subestimarse del orden del 38%.

- Por ignición (Davis, 1974)
- Espectroscopía ultravioleta, visible (UV-VIS) e infrarroja (IR) (según el método realizado por Labrador, 2001).

Para transformar los valores de carbono orgánico (CO) a materia orgánica (MO) se utilizan factores de conversión de 1.72 a 2.0, el factor de conversión usado está determinado por la proporción de carbono en la MO del suelo, asumiendo un rango de 50-58% (García, 2007), pero debido a que existe una considerable variación entre diferentes suelos y horizontes, es preferible informar el valor de COS sin transformar (Allison, 1965). En general el COS se puede calcular considerando la densidad aparente (D_a , g/cm), la profundidad (Pr , cm) y de la cantidad de CO del suelo (C , %), según la fórmula:

$$COS = D_a * Pr * C$$

3.3 Definición de términos básicos

3.3.1 Carbono

El carbono es un elemento clave en el desarrollo del componente orgánico del suelo y en la estructura y función de los ecosistemas, debido a que no sólo determina los cambios en su almacenamiento si no también controla su productividad (Avilés-Hernández *et al.*, 2009).

3.3.2 Carbono fijado

Se refiere a la cantidad de carbono que una unidad de área cubierta por vegetación tiene la capacidad de captar en un periodo de tiempo determinado (Connolly y Corea, 2007).

3.3.3 Ciclo Global del Carbono

El ciclo de carbono está determinado por el almacenamiento y la transferencia entre la atmósfera, biósfera, litósfera y océanos de moléculas constituidas por el elemento carbono (Honorio y Baker, 2010).

Las plantas superiores adquieren el bióxido de carbono (CO_2) atmosférico por difusión a través de pequeñísimos poros de las hojas conocidos como estomas, y es transportado a los sitios donde se lleva a cabo la fotosíntesis. Cierta cantidad de este CO_2 regresa a la atmósfera, pero la cantidad que se fija y se convierte en carbohidratos durante la fotosíntesis se conoce como producción primaria bruta (PPB) (Jaramillo, 2017).

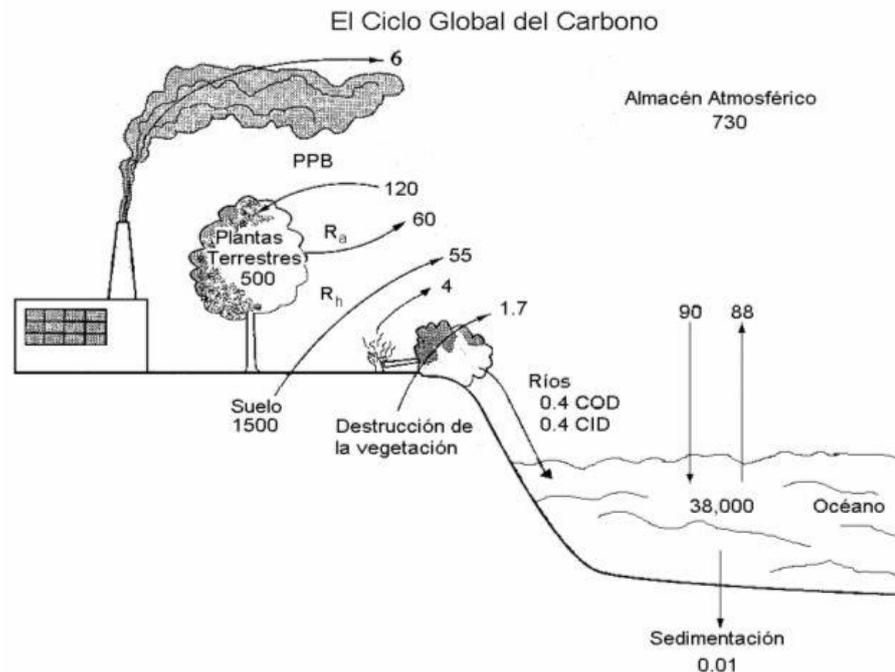


Figura 1. El ciclo global del carbono en la actualidad

Los almacenes están expresados en Pg C y los flujos en Pg C/año. PPB = producción primaria bruta; R_a = respiración autótrofa; R_h = respiración heterótrofa; COD = carbono orgánico disuelto; CID = carbono inorgánico disuelto.

Fuente: Jaramillo (2017).

3.3.4 Carbono en plantas

Las plantas utilizan CO_2 y liberan O_2 durante el proceso de la fotosíntesis; así mismo, almacenan componentes de carbono en sus estructuras leñosas por periodos prolongados, por lo que se les debe considerar como reservas

naturales de carbono. Por otro lado, es conocido que la capacidad de los ecosistemas agroforestales (asociación de árboles con otros cultivos, arbustos, herbáceas o pastos) para almacenar carbono en forma de biomasa aérea, varía en función de la edad, diámetro, altura de los componentes arbóreos como la densidad de población de cada estrato y por comunidad vegetal (Alegre *et al.*, citado en Concha *et al.*, 2007)

3.3.5 Carbono en ecosistemas

Una vez que el dióxido de carbono (CO₂) atmosférico es incorporado a los procesos metabólicos de las plantas mediante la fotosíntesis, éste participa en la composición de materias primas como la glucosa, para formar todas las estructuras necesarias para que el árbol pueda desarrollarse. El árbol al crecer va incrementado su follaje, ramas, flores, frutos, yemas de crecimiento (que en su conjunto conforman la copa); así como altura y grosor del tronco (Benjamín & Maser, 2001).

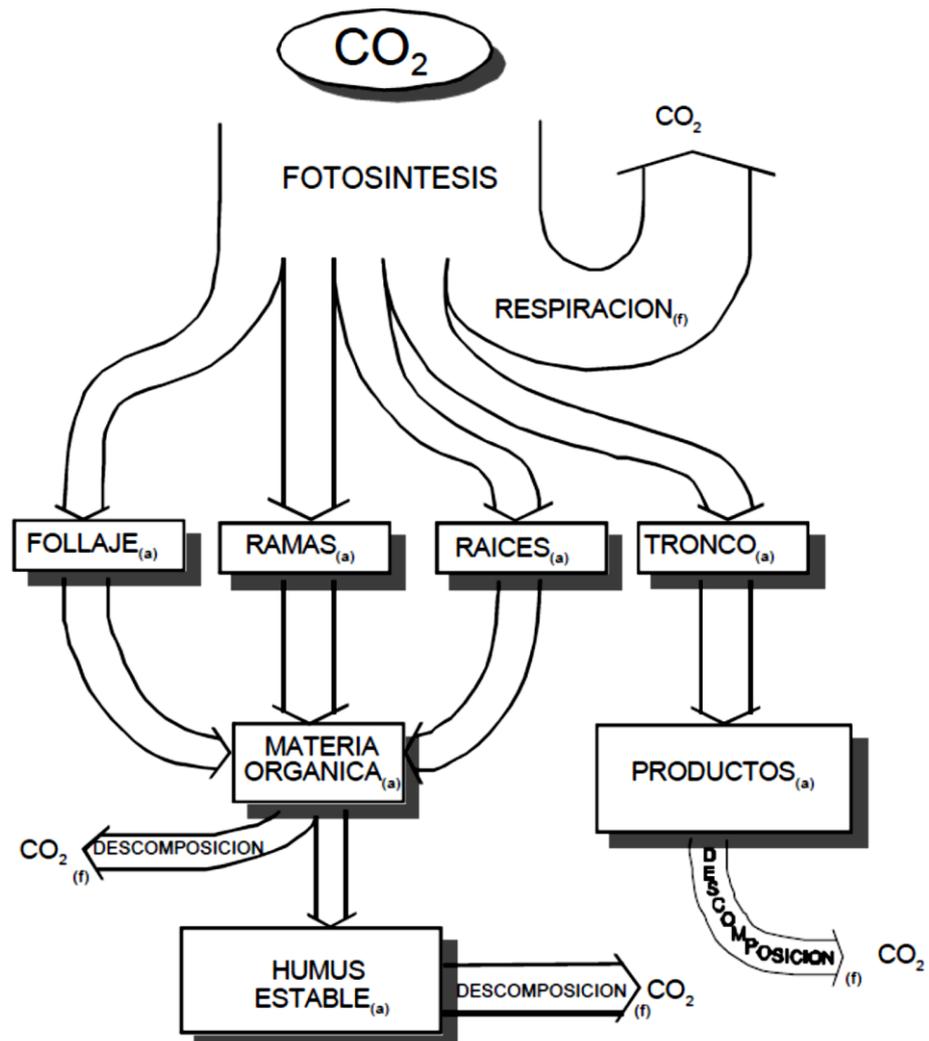


Figura 2. Diagrama simplificado de los flujos y almacenes de Carbono en un Ecosistema Forestal

Fuente: Benjamín & Masera (2001).

Como se observa en la Fig. 2, representa los flujos y almacenes de carbono en un ecosistema, donde el follaje, las ramas, las raíces, el tronco, los desechos, los productos y el humus estable son almacenes de carbono.

3.3.6 Captura de carbono

La captura de carbono se realiza únicamente durante el desarrollo de los árboles. Los árboles absorben dióxido de carbono (CO_2) atmosférico junto otros elementos en suelos y aire para convertirlos en madera. La cantidad de

CO₂ que un árbol captura durante un año, consiste sólo en el pequeño incremento anual de la biomasa en el árbol multiplicado por la biomasa del árbol que contiene carbono (De la Vega, 2007).

3.3.7 Carbono en suelo

Martínez, Fuentes y Acevedo (2008); indica que los suelos contienen más carbono que la suma existente en la vegetación y en la atmósfera, este a su vez puede encontrarse en forma orgánica e inorgánica. La cantidad total de carbono orgánico almacenada en los suelos ha sido estimada por diversos métodos (Post *et al.*, 1982, y Swift, 2001) y su valor es cercano a 1.500 Pg a 1 m de profundidad. Estimaciones de carbono inorgánico dan valores de alrededor de 1.700 Pg de carbono, principalmente en formas estables como CaCO₃ y MgCO₃. Los suelos que acumulan la mayor cantidad de carbono orgánico en el suelo corresponden al orden Histosol. Aun cuando el orden Histosol es el que tiene la menor superficie con respecto a otros órdenes, es el que tiene la mayor relación cantidad COS/superficie.

3.3.8 Chamana (*Dodonaea viscosa*)

Según Khalil *et al.* (2000); esta es una especie que ha mostrado ser útil para retener suelo, disminuyendo la erosión y fomentando la recuperación del mismo, cuenta con una gran capacidad de regeneración, que soporta incendios. Es un arbusto pequeño de 1 a 5 m de altura, perennifolio, tiene flores unisexuales o polígamodioicas, actinomorfas, hojas oblongo-lanceoladas, con pecíolo corto y fruto capsular membranoso trialado, con dos a seis valvas, aladas en el dorso y frecuentemente con una semilla.

IV. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1 Zona de estudio

Sector Tozán ubicado a 2280 msnm en el Distrito de Lámud, Provincia de Luya, Departamento de Amazonas.

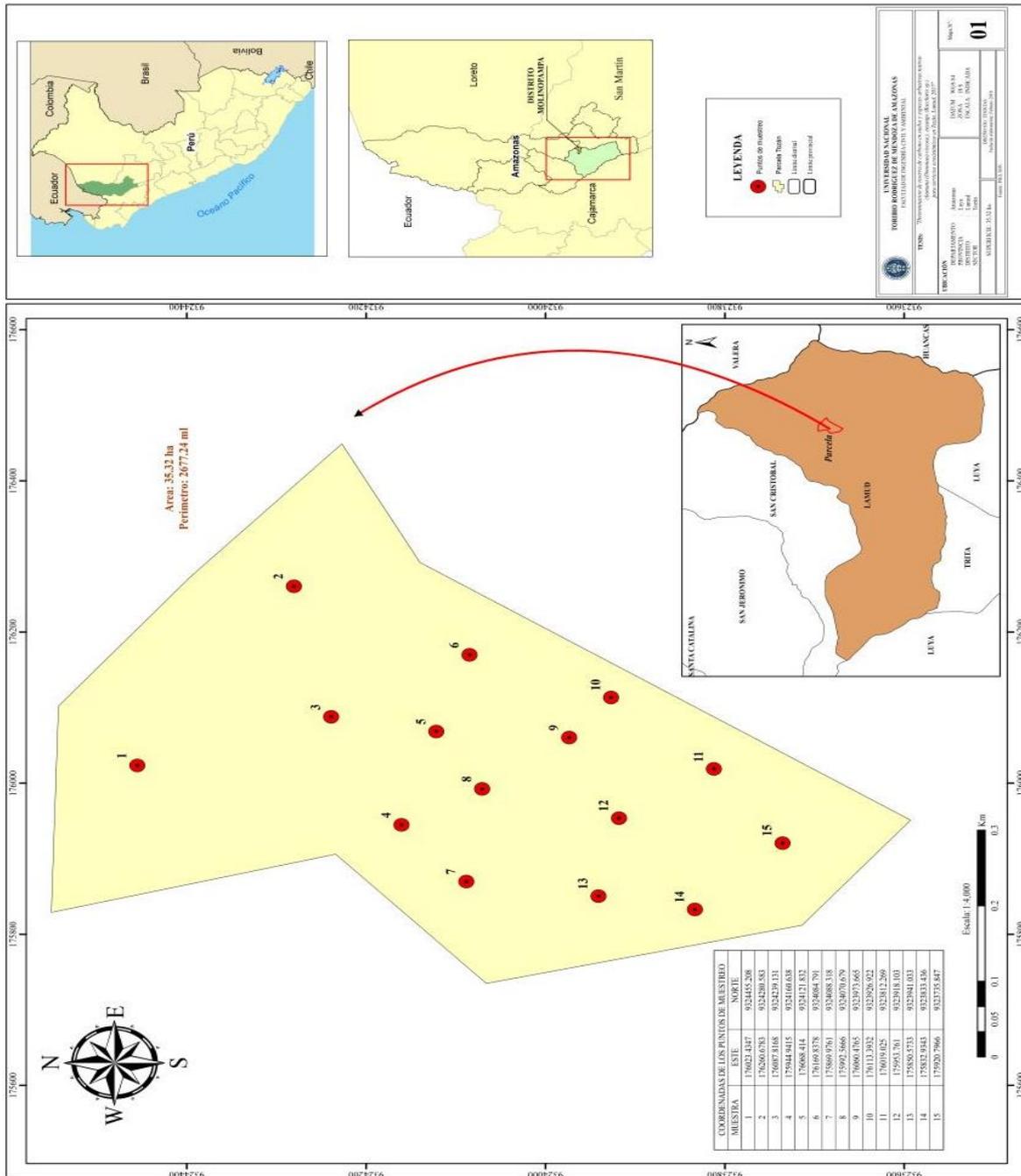


Figura 3. Ubicación de calicatas en el Sector de Tozán

4.1.1 Población, muestra y muestreo

Población: La población estuvo conformada por los terrenos que conforman las 35 hectáreas del área de Tozán con presencia de Chamana y Tayango en el distrito de Lámud.

Muestra: La muestra estuvo constituida por una parcela de 35 hectáreas que fueron tomadas al azar para realizar el método destructivo en las especies seleccionadas para el estudio, teniendo en cuenta que esta área fue la más representativa del suelo considerando similitud en pendiente, especies arbustivas nativas, altitud sobre el nivel del mar y relieve.

Muestreo: No probabilístico, estratificado.

4.2 Métodos, procedimiento y análisis de datos

4.2.1 Métodos

Se utilizó en la investigación los siguientes:

- **Método de Walkley y Black:** Según Eyherabide, Saínz Rozas, Barbieri, & Echeverría (2014); este método consiste en la oxidación húmeda de la muestra de suelo con dicromato de potasio en medio ácido. El calor desprendido, durante la incorporación del ácido sulfúrico, es el que permite la oxidación parcial del C.

Ésta basada en la valoración con Dicromato en medio ácido es uno de los más utilizados para establecer el CO en el suelo. El análisis de carbono orgánico se realiza oxidando el carbono del sedimento con un volumen conocido de dicromato de potasio, en ácido sulfúrico concentrado.

- **El método directo o destructivo:** El método directo consistió en extraer la planta de la maceta y de forma cuidadosa se separó por órganos como, hoja, tallo, fruto y raíz de cada planta seleccionada (Mendoza, Ramírez, Ojeda, Flores, & Sifuentes, 2014).

Consistió en la extracción total de los árboles, comprende dos fases:

La primera en campo con el derribo de las plantas, toma de datos y extracción de muestras. La segunda en laboratorio, para el secado a 75°C hasta peso constante; la biomasa seca de los componentes de un árbol se determina mediante la relación de peso seco con peso fresco.

4.2.2 Procedimiento

- a. Actividad preliminar:** En esta fase se realizó la recopilación de información básica, como estudios ya realizados sobre este tema, que sirvieron como base para la realización de los siguientes pasos dentro de la metodología a seguir.
- Identificación y definición de áreas con plantaciones de Chamana y Tayango: El área seleccionada cuenta con un sistema natural, donde las especies arbustivas nativas de Chamana y Tayango fueron utilizadas para la realización de la investigación, además de reunir las condiciones necesarias entre las cuales tenemos: homogeneidad en cuanto a las edades de las plantaciones, asociado al sistema ya mencionado.
 - Elaboración de mapas de ubicación: en esta etapa se realizó la elaboración de un mapa general que permitió la identificación y ubicación del área de estudio donde se encontró la muestra.
 - Ubicación de la parcela experimental: Se realizó la medición o selección del área de estudio de acuerdo a los puntos referenciados con GPS Garmin con precisión máxima de 5 metros y procesados con el programa Arc GIS 10.1 para elaboración del mapa y cuantificación del área de interés.

b. Trabajo de campo

- Verificación de parcela experimental: En esta etapa se procedió en primer lugar con la delimitación de la parcela de la cual se tomó las muestras.
- Recolección de muestras

Para las muestras de suelos: Se tuvo en cuenta que la calicata se haga a una distancia de un metro de la plantas, que van a ser derribadas, por lo que se abrieron calicatas de 0.50 m de profundidad. De manera general, se definieron horizontes entre 0 – 15 cm, 15 – 30 cm.

Para las muestras:

Biomasa Arbórea: Se usó la metodología desarrollada por el Centro Internacional de Investigación Agroforestal - ICRAF (Arévalo, Hidalgo, & Palm, 2003).

- ✓ Se midió la altura (H) y diámetro a la altura del pecho (DAP) de los árboles vivos.
- ✓ Se derribaron 15 plantas Chamana y Tayango, de los cuales se extrajeron muestras del tronco, rama secundaria y hojas.
- ✓ Para ramas secundarias: Una vez derribado el árbol, se procede a separar las ramas del tronco para seleccionar muestras de ramas secundarias; de las ramas secundarias se pesó el total, del cual se tomó una muestra para ser llevadas a laboratorio.

4.2.3 Análisis de datos

La información recolectada a través de los instrumentos descritos fue ingresada y procesada en el programa estadístico SPSS por Windows versión 22.0. Los resultados se presentan en tablas y figuras de una forma numérica y porcentual, para determinar la cantidad de biomasa, carbono vegetal total y carbono en suelo; también se analizó la normalidad de las variables (DAP, altura total y biomasa seca total).

- **La biomasa seca aérea total es determinada sumando la biomasa seca de cada uno de sus componentes según.**

$$BS \text{ total individuo} = BSF + BSH + BSR$$

Donde:

BST = Biomasa seca total (kg).

BSF = Biomasa seca del fuste (kg).

BSH = Biomasa seca de las hojas (kg).

BSR = Biomasa seca de las ramas (kg).

- **Cálculo del carbono en la BIOMASA arbórea**

$$CB \text{ (Tn/ha)} = BST * 0,50$$

Donde:

CB= Carbono en la Biomasa aérea.

BST= Biomasa seca aérea total.

0.50=Factor de conversión.

- **Cálculo de la biomasa vegetal total.**

$$BVT \text{ (Tm/ha)} = BA(Ch) + BA(T)$$

Donde:

BVT = Biomasa vegetal total. (Tm/ha)

BA (Ch) = Biomasa arbórea chamana.

BA (T) = Biomasa arbórea tayango.

- **Carbono en la biomasa vegetal total.**

Se obtiene multiplicando la biomasa vegetal total por el factor de conversión encontrados en la presente investigación de 0.50

V. RESULTADOS

En la tabla 1, se muestra los porcentajes de carbono retenidos en las quince calicatas realizadas en el sector de Tozan, estas fueron realizadas en una profundidad de 0-15cm y una segunda de 15-30cm; se obtuvo que en promedio hay 0.49 y 0.30% de carbono retenido a las dos profundidades mencionadas respectivamente.

Tabla 1. Porcentaje de carbono retenido en el suelo en dos profundidades: (a) 0-15 cm y (b) 15-30 cm

N° de Calicatas	% Carbono retenido	
	0 - 15	15 - 30
1	0.87	0.56
2	0.75	0.39
3	0.39	0.18
4	0.51	0.35
5	0.49	0.37
6	0.36	0.33
7	0.45	0.41
8	0.21	0.13
9	0.28	0.12
10	0.21	0.13
11	0.91	0.52
12	0.39	0.18
13	0.39	0.22
14	0.38	0.25
15	0.81	0.33
Promedio	0.49	0,30

El carbono en los suelos con presencia de Chamana y Tayango es elevado, en promedio entre las dos especies juntas se calculó 0.78% de contenido de carbono y 1.35% de materia orgánica. En la figura 4, se observa una alta correlación significativa entre el porcentaje de carbono y el de materia orgánica, utilizando una correlación de $r = 0,959$.

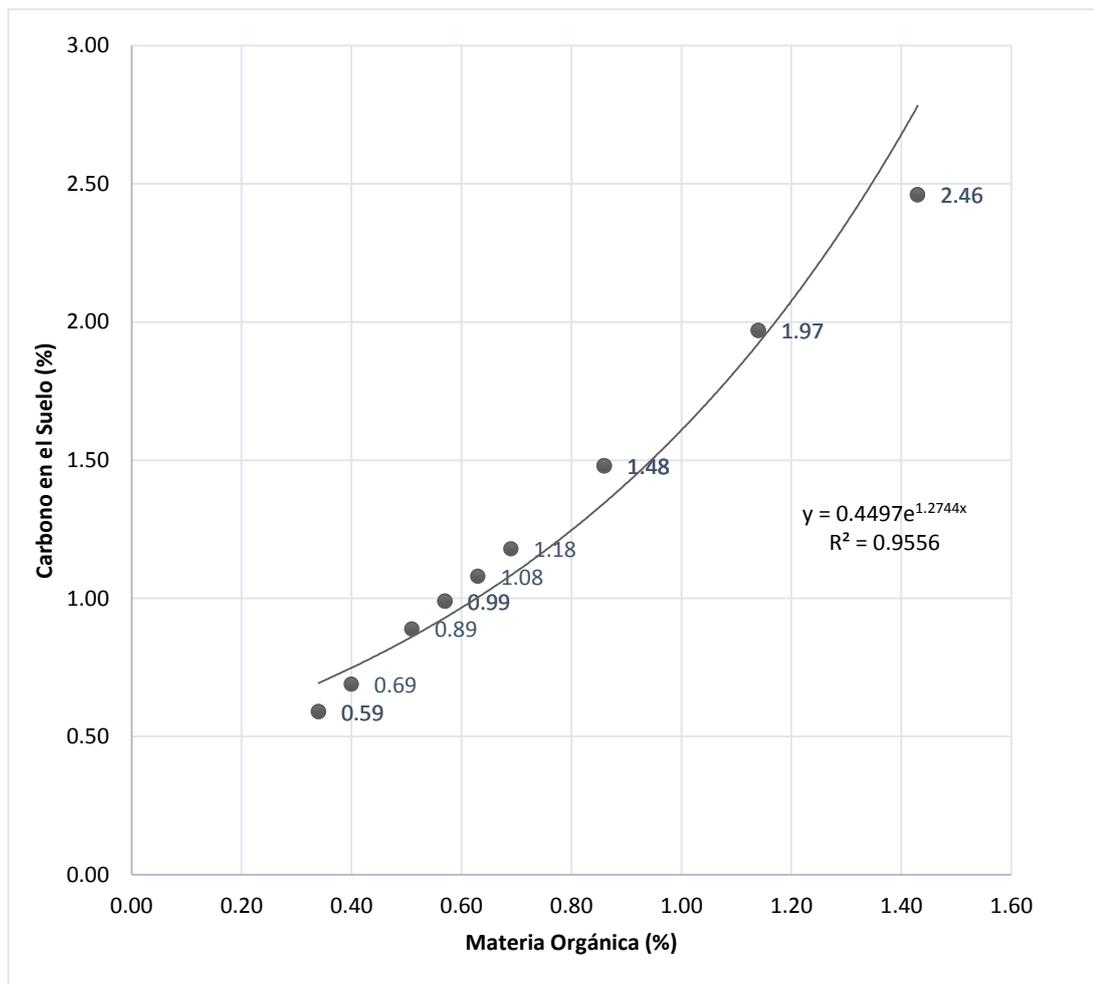


Figura 4. Correlación entre porcentaje de materia orgánica y carbono en el suelo.

En la tabla 2, se presentan la cantidad de biomasa de carbono en las especies arbustivas estudiadas, en promedio la producción de carbono por planta es de 1.32 y 1.96 (Kg) para la Chamana y Tayango respectivamente.

Tabla 2. Producción de biomasa aérea total de Chamana y Tayango en el sector Tozán.

N° Planta	Chamana		Tayango	
	Biomasa seca total (Kg)	Carbono BS*0.5	Biomasa seca total (Kg)	Carbono BS*0.5
1	4.500	2.250	8.500	4.250
2	6.000	3.000	3.000	1.500
3	1.098	0.549	2.000	1.000
4	2.500	1.250	3.000	1.500
5	3.500	1.750	2.300	1.150
6	2.906	1.453	2.000	1.000
7	1.498	0.749	4.500	2.250
8	1.005	0.502	6.000	3.000
9	3.099	1.549	3.500	1.750
10	1.495	0.747	3.500	1.750
11	3.500	1.750	7.500	3.750
12	1.502	0.751	3.500	1.750
13	2.034	1.017	2.500	1.250
14	1.514	0.757	4.000	2.000
15	3.453	1.726	3.000	1.500
Promedio	2.640	1.320	3.860	1.960

En la figura 4, se encontró que las plantas de Chamana con un promedio de altura de 1.6 m presentaron la mayor producción de biomasa en promedio (6 kg), seguido de los árboles con un 0.9 m de altura (1.098 kg) en promedio, de acuerdo con los resultados

anteriores, se observa que el altura influye directamente en la cantidad de biomasa aportada en el sistema.

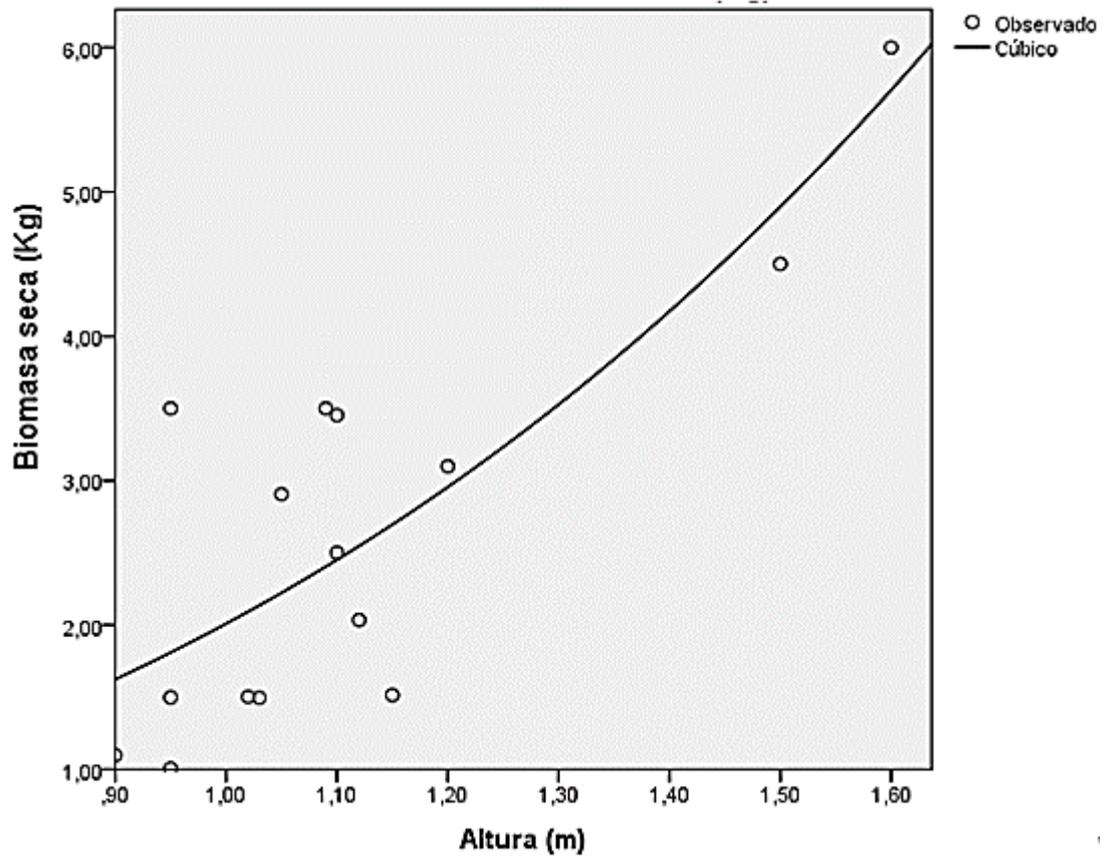


Figura 5. Producción de biomasa seca de Chamana en función a la altura.

En la figura 5 se encontró que las plantas de Tayango con un promedio de altura de 1.86 m presentaron la mayor producción de biomasa en promedio (9 kg), seguido de los árboles con un 0.8 m de altura (2 kg) en promedio, de acuerdo con los resultados anteriores, se observa que la altura influye directamente en la cantidad de biomasa aportada en el sistema.

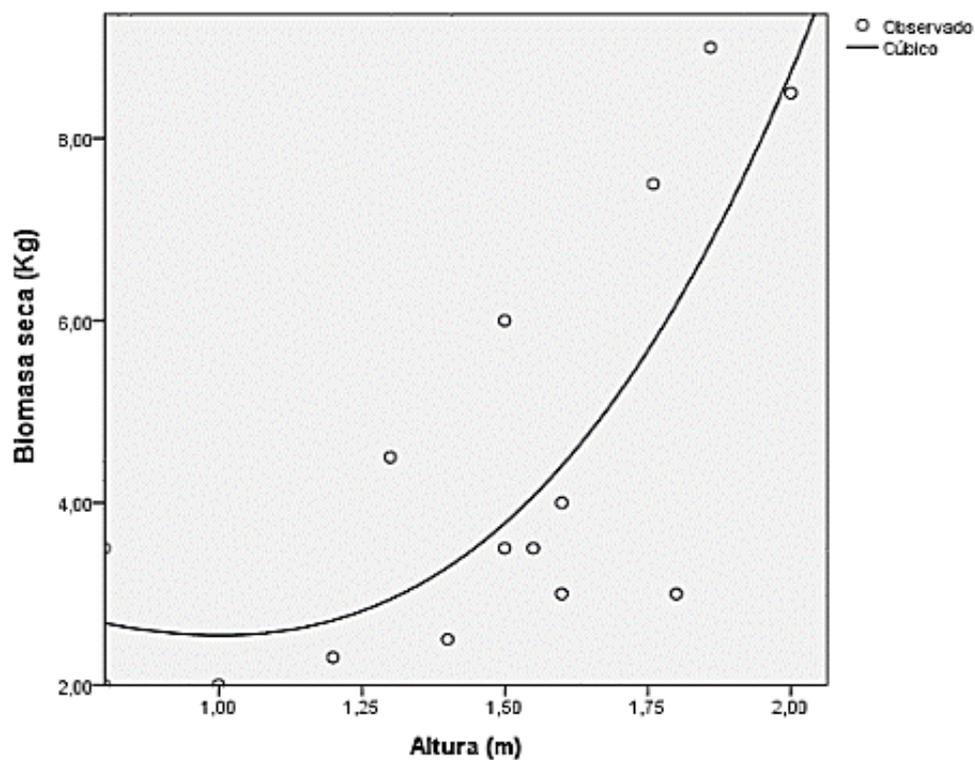


Figura 6. Producción de biomasa seca de Tayango en función a la altura.

A partir de la tabla 3, se puede obtener el total de biomasa arbórea de la chamana y del tayango, calculada en 11.31 Ton/ha (del 100% de la biomasa vegetal total, la Chamana aporta el 36.61%, y el Tayango con un 63.39%). En el caso de la biomasa vegetal total se obtuvo 5.66 Ton/ha.

Tabla 3. Contenido de biomasa y carbono aéreo en Chamana y Tayango

	Chamana	Tayango
Biomasa en Kg.	26.11	38.15
Biomasa (Kg)/totales de árboles	144 820.50	251 142.50
Biomasa Kg/ha	4 137.70	7 175.50
Biomasa Ton/ha	4.14	7.17
Carbono en Kg	13.06	19.08
Carbono (Kg)/totales de árboles	72 410.25	125 571.25
Carbono Kg/ha	2 068.85	3 587.75
Carbono Ton/ha	2.07	3.59

En la figura 7 y 8 se observa que el componente fuste termina aportando más biomasa seca y carbono con respecto a la rama secundaria, esto sucede para ambas especies.

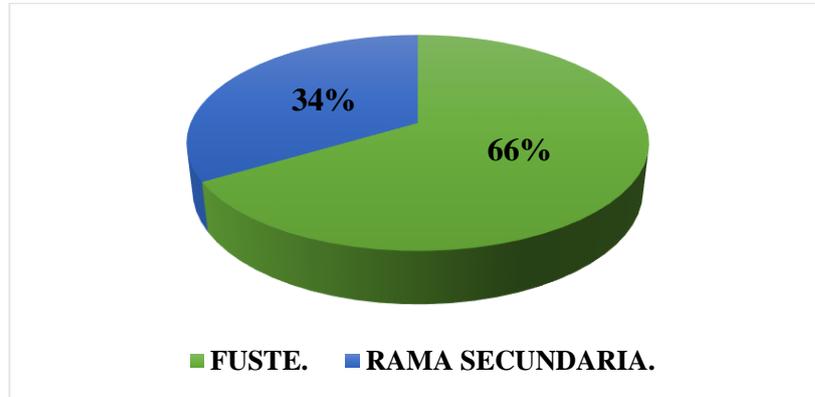


Figura 7. Distribución de biomasa seca y carbono almacenado en los diferentes componentes de la Chamana.

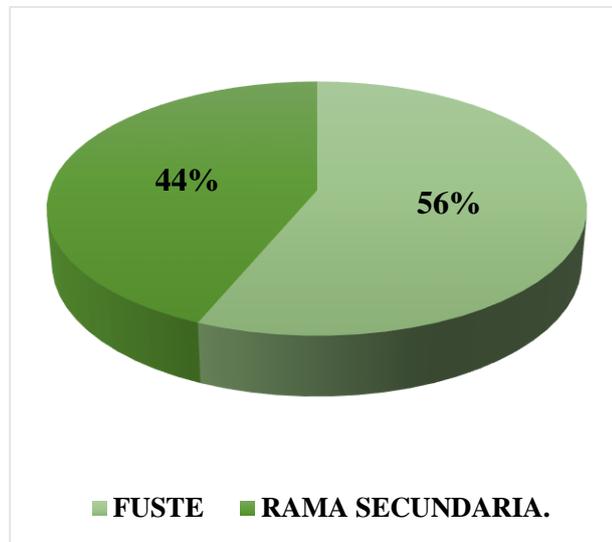


Figura 8. Distribución de biomasa seca y carbono almacenado en los diferentes componentes del Tayango.

En la tabla 4, se observa el cálculo de carbono de suelo que se hizo sobre el total de las 35 hectáreas.

Tabla 4. Cálculo del Carbono en el suelo.

Carbono (gr)	Carbono Tn/ha
377.65	10.79

Se obtuvo el carbono total en el sector de Tozán compuesto por ambas especies arbustivas está determinada por el carbono en la biomasa vegetal total de chamana, más el carbono en la biomasa vegetal de tayango y el carbono total en el suelo, llegando a un total de 16.45 Tn/ha (ver tabla 5).

Tabla 5. Contenido total de carbono en las especies arbustivas chamana y tayango, y en el suelo del Sector de Tozán

	Contenido de Carbono (Tn/ha)
Biomasa vegetal total de chamana	2.07
Biomasa vegetal total de tayango	3.59
Total en el suelo	10.79
Total	16.45

Como primera aproximación del modelo alométrico a ser utilizado para la Chamana, se graficó la tendencia de las variables independientes Biomasa y la variable dependiente porcentaje de carbono.

En la figura 9 se aprecia una relación lineal directa entre la biomasa seca total y la altura, esto quiere decir que a mayores valores de altura existen mayores valores de biomasa seca total, lo que se corrobora con el coeficiente de correlación de Pearson con un valor de 0.811, que indica una correlación positiva moderada.

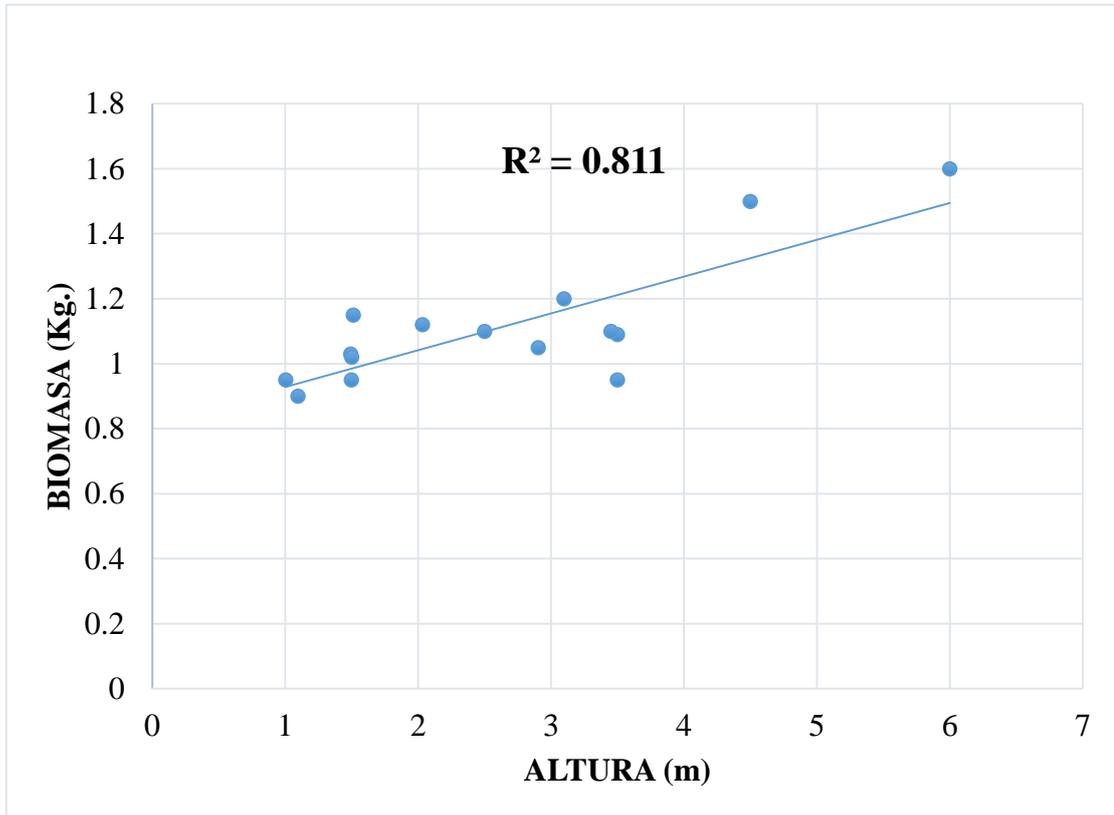


Figura 9. Relación entre Biomasa y la altura.

Como primera aproximación del modelo alométrico para Tayango, se graficó la tendencia de las variables independientes Biomasa y la variable dependiente porcentaje de carbono.

En la figura 10, se aprecia una relación lineal directa entre la biomasa seca total y la altura, esto quiere decir que a mayores valores de altura existen mayores valores de biomasa seca total, lo que se corrobora con el coeficiente de correlación de Pearson con un valor de 0.677, que muestra una correlación positiva moderadamente.

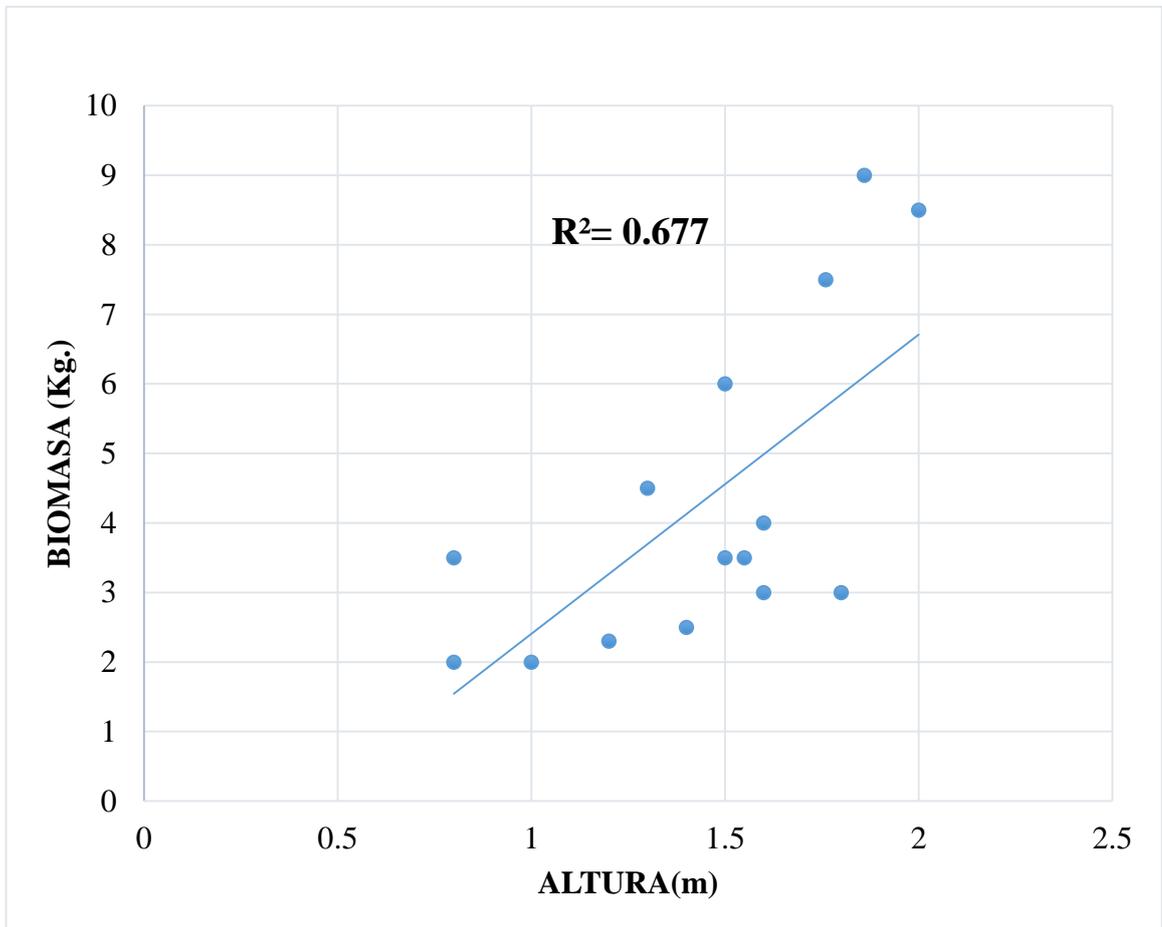


Figura 10. Relación entre Biomasa y la altura.

En la tabla 6, se muestra que el modelo más sencillo para la Chamana es el modelo de regresión lineal múltiple, el cual considera solo a la biomasa como variable dependientes de dos variables independientes (altura y DAP).

Tabla 6. Estadísticos de ajuste de los modelos probados para la estimación de biomasa total para Chamana.

Tipo de ecuación	Ecuación alométrica	R ²
Regresión Lineal Múltiple	BT_(kg)=3.700+6.511(AF)-0.265 (DAP)	0.673
Regresión Cuadrática	BT _(kg) =1.051-2.283(AF)+3,236(AF) ²	0.668
Regresión Cúbica	BT(kg)=-0.245+1.315(AF) ³ +0.939(AF)	0.667
Regresión Lineal	BT(kg)=5,813(AF)-3,835	0.658
Regresión Exponencial	BT _(kg) =0,254+e ^{1,985(AF)}	0.543
Regresión Potencial	BT _(kg) =2,447(AF) ^{1,834}	0.532

La ecuación que se ajusta se considera como el modelo alométrico a usar, debido a que tiene un R² con un 67.3% de nivel de confianza aceptable.

En la tabla 7, se muestra que el modelo para la Tayango es el cuadrática, el cual considera a la Biomasa como una de las variables de más fácil medición y mayor precisión que la altura.

Tabla 7. Estadísticos de ajuste de los modelos probados para la estimación de biomasa total para Tayango.

Tipo de ecuación	Ecuación alométrica	R ²
Regresión Lineal Múltiple	BT _(kg) =6.111+5.398(AF)-3.211 (DAP)	0.511
Regresión Cuadrática	BT_(kg)=3.796-3,737(AF)²+2,485(AF)	0.607
Regresión Cúbico	BT(kg)=9.477+13,694(AF)+6.610(AF) ²	0.603
Regresión Lineal	BT(kg)=4.306(AF)-1.900	0.459

Regresión Exponencial	$BT_{(kg)}=0.971+e^{0.949(AF)}$	0.488
Regresión Potencial	$BT_{(kg)}=1.139(AF)^{2.619}$	0.428

La ecuación que más se ajusta para estimar la cantidad carbono en Tayango por individuo, es el modelo de regresión cuadrática, el cual será el modelo alométrico a usar, esta ecuación tiene Biomasa como variable independiente presentando un coeficiente de determinación del 0.607, cuyo valor tiene un nivel de confianza aceptable.

En la figura 11, se aprecia la relación del Biomasa con relación a la cantidad de carbono, observándose la curva de la ecuación $BT_{(kg)}=3.796-3,737(AF)^2+2,485(AF)$ la cual presenta una relación lineal.

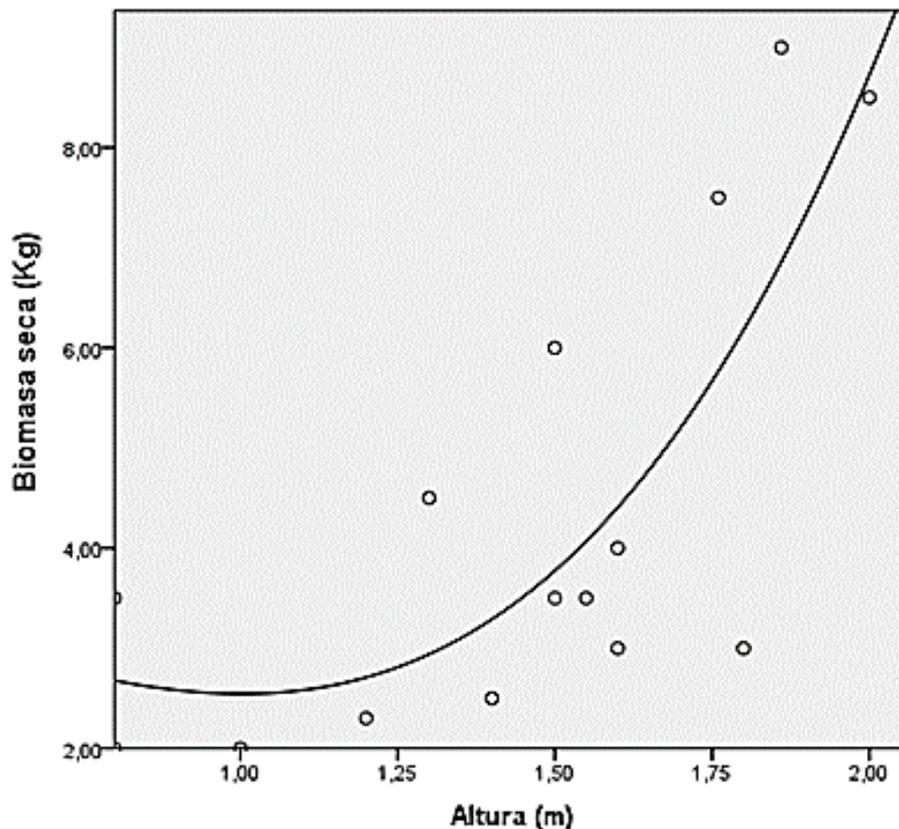


Figura 11. Relación del Biomasa con relación a la cantidad de carbono en función del modelo de regresión cuadrática

VI. DISCUSIÓN

- En la investigación se obtuvo 0.78% de contenido de carbono y 1.35% de materia orgánica entre las dos especies en las calicatas realizadas (0-15 cm y 15-30 cm); según Avilés-Hernández *et al.* (2009), indican que el mayor almacén de carbono se encontró en los primeros 15 cm de profundidad, demostrando un alto contenido de materia orgánica debido a la acumulación de hojas y ramas que están en proceso de descomposición, aumentando la fertilidad en el suelo, como se observa en nuestros resultados se corrobora este planteamiento puesto que en las calicatas realizadas a una profundidad de 0-15cm se obtuvo un porcentaje de carbono 0.49%, mientras que en las calicatas realizadas de 15 a 30 cm se obtuvo en promedio 0.30% de carbono.
- En el estudio sobre la producción de biomasa en Chamana por planta se calcula alrededor de 2.64 kg; Melo, Rodríguez, & Rojas (2011) indica que es una planta leñosa que acumula bastante biomasa en un periodo evaluado de 10 años, el individuo promedio de *D. viscosa*, en esta clase de edad, acumula cerca de 16000 gr. de materia seca. En el presente estudio el tiempo no fue un factor de estudio por lo que el resultado obtenido no precisa el tiempo o periodo de evaluación, a partir de ello de la cantidad obtenida de materia seca demuestra que se realizó en un periodo corto de evaluación de desarrollo de la especie de estudiada.
- Según Melo *et al.* (2011), de acuerdo con la forma como se distribuye la biomasa por compartimento, en el caso de la Chamana su mayor compartimento lo constituyen las ramas, pero las raíces y hojas se distribuyen similarmente; en nuestro estudio el componente fuste es el que aporta más biomasa y carbono en dicha especie con un 66% (ver figura 6), esta discrepancia se puede deber al desarrollo en tamaño de la planta estudiada debido a que se estableció en los resultados una proporcionalidad directa entre biomasa y carbono por un lado y el tamaño de la planta (ver figura 7).
- Pastor, Rivas, Martínez, Campos, & Márquez (2015); establece una relación directamente proporcional en las reservas de carbono orgánico en el suelo y el gradiente altitudinal, en dicha investigación a una altitud de 400 msnm se obtuvo un valor de 101.5 Tn/ha y a una altura 1 msnm las reservas de carbono fueron de 7.8

Tn/ha; la producción de carbono total en el sector Tozán calculada fue de 10.79 Tn/ha, este sector se encuentra ubicado a 2280 msnm, esta relación directa que se ha establecido y lo obtenido en la investigación demuestran la proporcionalidad directa existente entre estos factores, esto se puede deber al incremento de la precipitación con la altitud, y a la vegetación. El carbono presente en el suelo, en primera instancia se observó que varía en función de la especie; pero Villegas (2014), establece la influencia del suelo a través de las propiedades físico-químicas (densidad aparente, profundidad, pH, conductividad eléctrica, carbonatos de calcio), que se relaciona con el carbono orgánico en el suelo, y por ende la altitud es un factor determinante en el contenido de estas propiedades.

- El contenido de carbono total de Chamana y Tayango que se obtuvieron fueron de 2.07 y 3.59 Tn/ha; como menciona Mahecha (2016); que con el incremento de la cobertura de vegetación incrementa la cantidad de carbono almacenado, en el estudio realizado no se compara un antes y un después de la presencia de las especies estudiadas, sino se realiza la comparación en aportes por parte de cada especie en el contenido de carbono, debido a que el Tayango posee una mayor vegetación con respecto a la Chamana se deduce que esta produce una mayor cantidad de carbono almacenado.
- El coeficiente de Pearson muestra una correlación moderada (0.811 y 0.677) de la Chamana y Tayango respectivamente, en lo referente a las variables Biomasa (independiente) y porcentaje de carbono (respuesta); en referencia a este resultado se puede establecer una relación directa; Mahecha (2016); indica que con el incremento de la cobertura de vegetación como la conversión de pastura pura a sistemas silvopastoriles (aumento en la producción futura de biomasa) incrementa la cantidad de carbono almacenado.
- En ambas especies estudiadas la biomasa seca total y la altura guardan relación moderada, esto quiere decir que a mayores valores de altura existen mayores valores de biomasa seca total, en las tablas 6 y 7, se muestran los modelos alométricos que relacionan la biomasa por tipo de compartimento funcional (hojas, ramas, raíz y fuste), expresada como kilogramos de materia seca, en relación con la altura total de

los individuos, y en el caso de la chamana se adiciona otra variable de estudio que es el DAP. Igualmente, se muestran los coeficientes superiores al 60%, en el caso de la Chamana es 67.3% y para el Tayango el 60.7%; el modelo en el caso de la Chamana es el de regresión lineal múltiple, ecuación que trata de ajustar modelos lineales entre una variable dependiente (biomasa) y más de una variables independientes (altura y DAP); y para el tayango es cuadrática, que viene a ser una función polinomial que en la presente investigación demuestra que la biomasa seca total y la altura están condicionadas por otros factores (sean especies, altitud, clima, etc), estos en la presente no fueron analizados como parte de la investigación. Fonseca et al. (2009), en lo referente a los modelos alométricos indican que este método no es destructivo y es extrapolable a situaciones de crecimiento similares, con lo cual facilitan la toma de decisiones y permiten la estimación de biomasa y carbono a gran escala.

- Se demostró que en el sector Tozán, posee una gran capacidad de almacenamiento de carbono debido a la presencia de estas especies por su gran vegetación e importante contenido de biomasa, que favorece este almacenamiento. De la conclusión precedente, se puede afirmar que la deforestación impacta negativamente a la captura de carbono total de un área determinada, reduciendo los depósitos naturales, por lo cual la presencia de estas especies ayuda a mitigar efectos de esta actividad.

VII. CONCLUSIONES

- El contenido de carbono en las calicatas en los 15 cm de profundidad se obtuvo 0.49% de carbono retenido, la cual es mayor en comparación a las realizadas de 15-30 cm que tiene un promedio de 0.30%, por lo cual se puede concluir que se debe a la presencia de mayor materia orgánica presente en la superficie del sector estudiado.
- La cantidad de biomasa estimada de Chamana fue de 4.14 Tn/ha y de Tayango de 7.17 Tn/ha; y en carbono fue 2.07 y 3.59 Tn/ha respectivamente, concluyendo que ambas especies son leñosas y por tanto de gran producción de biomasa y resaltando el caso del Tayango con un mayor contenido de carbono debido a una mayor presencia de fuste.
- La concentración de carbono estimada para el sector de Tozán (zona de estudio) con Chamana y Tayango, fue determinada mediante el carbono de la biomasa vegetal total de Chamana, más el carbono en la biomasa vegetal de Tayango y el carbono total en el suelo, obteniéndose un total de 16.45 Tn/ha. Sobre estas especies arbustivas estudiadas, se concluye que en ambos casos el fuste es el componente de mayor aporte en lo que respecta a carbono y biomasa seca en comparación a las ramas.
- El modelo matemático que describe el comportamiento de la biomasa en la Chamana queda definido por la ecuación alométrica $BT_{(kg)}=3.700+6.511(AF)-0.265 (DAP)$, esta ecuación tiene el DAP y altura como variables regresora (independiente), y presenta un coeficiente de determinación del 0.673 cuyo valor tiene un nivel de confianza moderadamente aceptable. En el caso del Tayango, el comportamiento establecido para la biomasa es de regresión cuadrática, dada por la ecuación alométrica $BT_{(kg)}=3.796-3,737(AF)^2+2,485(AF)$, con un nivel de confianza de 0.607%. Estos coeficientes de determinación aceptables para el estudio realizado indican calidad de los modelos alométricos considerados que permiten replicar los resultados en otras localidades.

- Estos estudios permiten estimar las densidades de carbono asociadas a las distintas especies y, desarrollar métodos de cuantificación en lo referente al comportamiento de los procesos de emisión captura de carbono bajo diferentes dinámicas de cambio de uso del suelo y de esta forma poder ofrecer opciones de mitigación de gases de efecto. Es por ello que el estudio concluye que la captura de carbono permitirá contribuir directamente en la mitigación del fenómeno conocido como cambio climático.

VIII. RECOMENDACIONES

- Recomendar a las instituciones vinculadas al sector agrario y forestal, realizar estudios con el fin de Determinar la biomasa y carbono almacenado en base a periodos de evaluación (crecimiento) para comparar la presencia en diferentes tiempos.
- Para futuras investigaciones para la determinación de la biomasa en las especies arbustivas estudiadas, se debe considerar factores que interactúan con la planta en su desarrollo, como la humedad del suelo, temperatura, aireación, pH entre otros, las cuales nos facilita ver el comportamiento de las plantas. Así también, recomendar estudios para poder determinar la biomasa acumulada en la raíz y vástago en las especies estudiadas y comparar en función diferentes zonas y suelos de ubicación, con la finalidad de comparar el comportamiento respectivo.
- Realizar investigaciones a través de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental de la UNTRM sobre la captura de carbono evaluando las variables: sistema de siembra, edad, clima, densidad y otras que intervengan en la concentración de carbono.
- Para futuras investigaciones a través del INDES-CES, se recomienda comparar los resultados que se obtengan sobre la presencia de carbono equivalente con los resultados que se puedan obtener del análisis con imágenes satelitales en las áreas donde se realicen dichos estudios.
- Se establece a partir de este estudio, que una de las tareas primordiales a través de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, son la realización de estudios de emisión-captura de carbono a nivel regional en ecosistemas forestales que presenten procesos muy dinámicos en el uso de especies arbustivas.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arévalo, L., Hidalgo, J., & Palm, C. (2003). Manual determinación de las reservas totales de carbono en los diferentes sistemas de uso de la tierra en Perú. ICRAF, CODESU, INIA, INRENA (Ediciones Gráfica Miguel Alvarez). Perú.
- Arnáiz, C., Isac, L., & Lebrato, J. (2000). Determinación de la biomasa en procesos biológicos. Métodos directos e indirectos. *Tecnología del Agua*, (205), 45-52.
- Avilés-Hernández, V., Velázquez-Martínez, A., Angeles-Pérez, G., Etchevers-Barra, J., De los Santos-Posada, H., & LLanderal, T. (2009). Variación en almacenes de carbono en suelos de una toposecuencia. *Agrociencia*, 43(5), 457-464.
- Benjamín, J. A., & Masera, O. (2001). Captura de Carbono ante el cambio climático. *Madera y Bosques*, 7(1). Recuperado a partir de <http://www.redalyc.org/resumen.oa?id=61770102>
- Bojorquez, J., Castillo, L., Hernández, A., García, J., & Madueño, A. (2015). Cambios en las reservas de carbono orgánico del suelo bajo diferentes coberturas. *Cultivos Tropicales*, 36(4), 63-69.
- Carvajal, A. F., Feijoo, A., Quintero, H., & Rondón, M. A. (2009). Carbono orgánico del suelo en diferentes usos del terreno de paisajes andinos colombianos. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 9(3), 222-235.
- Concha, J. Y., Alegre, J. C., & Pocomucha, V. (2007). Determinación de las reservas de carbono en la biomasa aérea de sistemas agroforestales de theobroma cacao l. En el Departamento de San Martín, Perú. *Ecología Aplicada*, 6(1-2), 75-82.
- Connolly, R., & Corea, C. (2007). Cuantificación de la captura y almacenamiento de Carbono en sistema agroforestal y forestal en seis sitios de cuatro Municipios de Nicaragua. Trabajo de Diploma. Universidad Nacional Agraria. Facultad de

- Recursos Naturales y Medio Ambiente, Managua, Nicaragua. Recuperado a partir de <http://repositorio.una.edu.ni/1103/1/tnp01c752.pdf>
- Cruz-Flores, G., & Etchevers-Barra, J. (2011). Contenidos de Carbono Orgánico de Suelos Someros en Pinares y Abetales de Áreas Protegidas de México. *Agrociencia*, 45(8), 849-862.
- De la Vega, J. (2007). *Captura de Carbono*. MX. 6p. Recuperado a partir de <https://www.buscagro.com/biblioteca/JorgeDelaVega/Captura-de-carbono.pdf>
- Eyherabide, M., Saínz Rozas, H., Barbieri, P., & Echeverría, H. E. (2014). Comparación de métodos para determinar carbono orgánico en suelo. *Ciencia del suelo*, 32(1), 13-19.
- Fonseca, W., Alice, F., & Rey, J. (2009). Modelos para estimar la biomasa de especies nativas en plantaciones y bosques secundarios en la zona Caribe de Costa Rica. *Bosque*, 1(30), 36-47.
- Galicia, L., Gamboa, A. M., Cram, S., Chávez, B., Peña, V., Saynes, V., & Siebe, C. (2016). Almacén y dinámica del carbono orgánico del suelo en bosques templados de México. *Terra Latinoamericana*, 34(1), 1-29.
- Honorio, E., & Baker, T. (2010). *Manual para el monitoreo del ciclo del carbono en bosques amazónicos* (E. N. Honorio Coronado). iiap, rainfor & University of Leeds. Recuperado a partir de <http://www.geog.leeds.ac.uk/projects/espaa/Documents/Honorio%20%26%20Baker%202010%20Manual%20carbono.pdf>
- Jaramillo, V. (2017). *El Ciclo Global del Carbono*. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Recuperado a partir de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/437/jaramillo.html>
- Khalil Gardezi, A., Cetina Alcalá, V. M., Talavera Magaña, D., Ferrera Cerrato, R., Rodríguez Neave, F., & Larqué Saavedra, M. (2000). Efecto de inoculación con

- endomycorriza arbuscular y dosis creciente de fertilización fosfatada en el crecimiento de chapulixtle (*Dodonaea viscosa*). *Terra Latinoamericana*, 18(2).
- Mahecha, L. (2016). El silvopastoreo: una alternativa de producción que disminuye el impacto ambiental de la ganadería bovina. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 15(2), 226–231.
- Martínez, E., Fuentes, F., & Acevedo, E. (2008). Carbono Orgánico y Propiedades del Suelo. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 8(1), 68-96. <https://doi.org/10.4067/S0718-27912008000100006>
- Melo, O., Rodríguez, N., & Rojas, F. (2011). Carbono capturado y acumulación de biomasa en cinco especies nativas leñosas de la Cordillera Orienta, utilizadas en programas de restauración ecológica en la sabana de Bogotá. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, (23), 91-102.
- Mendoza, C., Ramírez, C., Ojeda, W., Flores, J., & Sifuentes, E. (2014). Comparación de dos métodos para medir el Índice de Área Foliar de Chile Poblano en Invernadero. Tercer Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, At Universidad Autónoma De Chapingo, 1. <https://doi.org/10.13140/2.1.4655.8405>
- Monreal, C., Etchevers, J., Acosta, M., Hidalgo, J., Padilla, R., López, M., & Velázquez, A. (2005). A method for measuring above-and below-ground C stocks in hillside landscapes. *Can. J. Soil Sci.*, 85, 523-530.
- Nadler, C., Meza, A., Torres, R., & Jara, M. (2001). Medición del carbono almacenado en los bosques de la Reserva Nacional Malleco. IX Región, Chile (p. 13). Presentado en Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la captura de Carbono en Ecosistemas Forestales, Valdivia-Chile.
- Pastor, J., Rivas, W., Martínez, A., Campos, Y., & Márquez, E. (2015). Carbono orgánico del suelo en un gradiente altitudinal en la Península de Paraguaná, Venezuela.

- Multiciencias. Universidad del Zulia. Revista Arbitrada Multidisciplinaria, 15(3), 271-280.
- Paz, F., Argumedo, J., Cruz, C., Etchevers, J., & de Jong, B. (2016). Distribución espacial y temporal del carbono orgánico del suelo en los ecosistemas terrestres de México. *Terra Latinoamericana*, 34(3), 289-310.
- Robert, M. (2002). Captura de Carbono en los suelos para un mejor manejo de la Tierra (Informes sobre recursos mundiales de suelos No. 96) (p. 83). Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Recuperado a partir de <http://www.fao.org/3/a-bl001s.pdf>
- Trelles, C. (2012). Determinación de reservas de carbono en la Biomasa bajo el suelo en cultivo de Cacao (*Theobroma Cacao L.*) en la provincia de Leoncio Prado. Tesis Para optar el título de: Ingeniero en Recursos Naturales Renovables con Mención en Conservación de Suelos y Agua. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Facultad de Recursos Naturales Renovables, Tingo María.
- Villegas, V. (2014). Variación del carbono orgánico en suelos del Altiplano Potosino Oeste. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Universidad Autónoma San Luis de Potosí. Facultad de Agronomía y Veterinaria, San Luis de Potosí, México. Recuperado a partir de <http://ninive.uaslp.mx/jspui/bitstream/i/3417/1/IAZ1VAR01401.pdf>

ANEXOS

Anexo A. Mediciones en campo y producción de biomasa: Datos obtenidos Dinámetro a la Altura de Pecho (DAP), altura en el aérea del sector Tozán, distrito de Lámud, provincia de Luya, departamento de Amazonas.

Anexo A.1. Medición de DAP, altura en campo para la Chamana (*D. viscosa*)

N° Chamana	DAP (cm)	Altura (m)	Biomasa Seca (BS) en Kg			Carbono =BS*0.5
			Rama Secundaria y hoja (a)	Fuste (b)	Biomasa seca total (Kg) (a + b)	
1	10	1.5	1.5	3	4.5	2.25
2	10.8	1.6	2	4	6	3
3	8.9	0.9	0.458	0.64	1.098	0.549
4	9.5	1.1	0.5	2	2.5	1.25
5	8.3	0.95	1	2.5	3.5	1.75
6	9.2	1.05	1	1.906	2.906	1.453
7	8.5	0.95	0.505	0.993	1.498	0.749
8	8.8	0.95	0.263	0.742	1.005	0.5025
9	9.9	1.2	0.947	2.152	3.099	1.5495
10	9.2	1.03	0.512	0.983	1.495	0.7475
11	9	1.09	1.5	2	3.5	1.75
12	9.1	1.02	0.512	0.99	1.502	0.751
13	9.7	1.12	0.482	1.552	2.034	1.017
14	10.1	1.15	0.546	0.968	1.514	0.757
15	9.8	1.1	0.553	2.9	3.453	1.7265
Promedio	9.38	1.11	0.818	1.82	2.64	1.32

Anexo A.2. Mediciones en campo de DAP, altura en campo para Tayango (*Bacharis sp*).

			Biomasa Seca (BS) en Kg			
N° Tayango	DAP (cm)	Altura (m)	Rama Secundaria y hoja (a)	Fuste (b)	Biomasa seca total (Kg) (a + b)	Carbono =BS*0.5
1	15	2	2	6.5	8.5	4.25
2	13	1.8	1	2	3	1.5
3	8	1	0.5	1.5	2	1
4	11	1.6	0.5	2.5	3	1.5
5	9	1.2	0.5	1.8	2.3	1.15
6	7	0.8	0.5	1.5	2	1
7	9	1.3	1.5	3	4.5	2.25
8	12	1.5	2.5	3.5	6	3
9	11.5	1.6	0.5	3	3.5	1.75
10	10	1.5	1.5	2	3.5	1.75
11	13	1.76	1.5	6	7.5	3.75
12	7	0.8	0.5	3	3.5	1.75
13	9.8	1.4	1	1.5	2.5	1.25
14	15	1.86	2	2	4	2
15	12	1.55	1.5	1.5	3	1.5
Promedio	10.82	1.44	1.16	2.73	3.86	1.96

Anexo A.3. Recolección de datos a través de fichas

PESO TOTAL DE CADA PLANTACION (PESO SECO) EN KILOGRAMOS

ESPECIE: CHAMANA

ESPECIE: TAYANGO

N°	MADERA	R. SECUNDARIA Y HOJA	PESO TOTAL	ALTURA (M)	N°	MADERA	R. SECUNDARIA Y HOJA	PESO TOTAL	ALTURA (M)
01	2.03	0.94	2.97		01	3.95	1.18	5.13	
02	2.61	1.23	3.84		02	1.14	0.58	1.72	
03	0.43	0.33	0.76		03	0.86	0.28	1.14	
04	1.34	0.29	1.63		04	1.70	0.29	1.99	
05	1.74	0.63	2.37		05	1.13	0.28	1.41	
06	1.25	0.61	1.86		06	0.83	0.3	0.86	
07	0.63	0.40	1.03		07	1.74	0.87	2.61	
08	0.48	0.21	0.69		08	2.27	1.87	4.14	
09	1.59	0.64	2.23		09	1.98	0.38	2.36	
10	0.63	0.45	1.08		10	1.31	0.75	2.06	
11	1.34	0.89	2.23		11	3.53	0.79	4.32	
12	0.69	0.32	1.01		12	0.94	0.36	1.3	
13	0.91	0.34	1.25		13	1	0.57	1.57	
14	0.52	0.33	0.85		14	4.72	0.91	5.63	
15	1.87	0.44	2.31		15	1.12	0.79	1.91	

Datos de muestra obtenidos en el Laboratorio de Investigación en suelo y Aguas (LABISAG) de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

Para el presente estudio se considera como peso a la masa en kg, asimismo el peso total (o masa total) se obtuvo con la sumatoria de la masa de la madera más la masa de las ramas secundarias y primarias.

PESO TOTAL DE CADA PLANTACION(PESO VERDE) EN KILOGRAMOS

ESPECIE: TAYANGO.....

ESPECIE: CHAMANA.....

N°	MADERA	R. SECINDARIA Y HOJA	PESO TOTAL	ALTURA (M)
01	6.5	2.0	8.5	2.00
02	2.0	1.0	3.0	1.80
03	1.5	0.5	2.0	1.00
04	2.5	0.5	3.0	1.60
05	1.8	0.5	2.3	1.20
06	1.5	0.5	2.0	0.80
07	3.0	1.5	4.5	1.30
08	3.5	2.5	6.0	1.50
09	3.0	0.5	4.0	1.60
10	2.0	1.5	3.5	1.50
11	6.0	1.5	7.5	1.76
12	3.0	0.5	3.5	0.80
13	1.5	1.0	2.5	1.40
14	7.0	2.0	9.0	1.86
15	2.0	1.5	3.5	1.55

N°	MADERA	R. SECINDARIA Y HOJA	PESO TOTAL	ALTURA (M)
01	3.0	1.5	4.5	1.50
02	4.0	2.0	6.0	1.60
03	0.640	0.458	1.098	0.90
04	2.0	0.5	2.5	1.10
05	2.5	1.0	3.5	0.95
06	1.906	1.0	2.906	1.05
07	0.993	0.505	1.498	0.95
08	0.742	0.263	1.005	0.95
09	2.152	0.947	3.099	1.20
10	0.983	0.512	1.495	1.03
11	2.0	1.5	3.5	1.09
12	0.990	0.512	1.502	1.02
13	1.552	0.482	2.034	1.12
14	0.968	0.546	1.514	1.15
15	2.900	0.553	3.453	1.10

Datos obtenidos en campo de DAP, altura de fuste y altura total para la especie Chamana.

ARBOL	DAP	ALTURA DE FUSTE	ALTURA TOTAL
01	10 cm	1 m	1.50 m
02	10.8 cm	1.07 m	1.60 m
03	8.9 cm	0.55 m	0.91 m
04	9.5 cm	0.64 m	1.10 m
05	8.3 cm	0.53 m	0.96 m
06	9.2 cm	0.68 m	1.05 m
07	8.5 cm	0.57 m	0.95 m
08	8.8 cm	0.59 m	0.95 m
09	9.9 cm	0.82 m	1.20 m
10	9.2 cm	0.77 m	1.03 m
11	9 cm	0.85 m	1.09 m
12	9.1 cm	0.71 m	1.02 m
13	9.7 cm	0.69 m	1.12 m
14	10.1 cm	0.88 m	1.15 m
15	9.8 cm	0.76 m	1.10 m

ESPECIE : CHAMANA.

Datos obtenidos en campo de DAP, altura de fuste y altura total para la especie Tayango.

ARBOL	DAP	ALTURA DE FUSTE	ALTURA TOTAL
01	15 cm.	1.20 m.	2 m.
02	13 cm.	1 m	1.80 m
03	08 cm.	0.40 m	1 m.
04	11 cm.	0.80 m	1.60 m
05	09 cm.	1.20 m	1.20 m
06	07 cm.	0.50 m	0.80 m
07	09 cm.	0.70 m	1.30 m
08	12 cm.	0.92 m	1.50 m
09	11.5 cm.	1.03 m	1.60 m
10	10 cm.	0.85 m	1.50 m
11	13 cm.	0.98 m	1.76 m
12	07 cm.	0.47 m	0.80 m
13	9.8 cm.	0.76 m	1.40 m
14	15 cm.	1.03 m	1.86 m
15	12 cm.	0.89 m	1.55 m

ESPECIE : TAYANGO.

PESO TOTAL DE CADA MUESTRA EN GRAMOS (PESO VERDE)

ESPECIE: CHAMANÁ.....

ESPECIE: JAYANGO.....

N°	MADERA	R. SECUNDARIA Y HOJA
01	949	270
02	674	308
03	377	129
04	595	258
05	585	247
06	565	232
07	487	132
08	540	156
09	572	193
10	418	136
11	626	262
12	647	205
13	635	204
14	376	253
15	670	223

N°	MADERA	R. SECUNDARIA Y HOJA
01	1007	344
02	585	170
03	490	220
04	823	227
05	1035	325
06	336	240
07	671	294
08	350	250
09	534	234
10	606	355
11	1035	327
12	386	213
13	426	236
14	1090	425
15	425	406

PESO TOTAL DE CADA MUESTRA EN GRAMOS (PESEO SECO)

ESPECIE: CHAMANIA

ESPECIE: TAYANGO

N°	MADERA	R. SECINDARIA Y HOJA
01	645	170
02	441	190
03	256	95
04	399	153
05	409	146
06	372	143
07	310	406
08	353	129
09	423	131
10	268	120
11	420	157
12	453	130
13	374	146
14	203	157
15	433	165

N°	MADERA	R. SECINDARIA Y HOJA
01	613	204
02	334	99
03	283	124
04	562	136
05	650	185
06	188	144
07	390	172
08	539	187
09	354	179
10	398	178
11	610	173
12	122	154
13	284	135
14	736	195
15	239	214

MUESTRAS DE PESO TIERRA

MUESTRAS DE TIERRA (PESO FRESCO) EN CAMPO															
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
0-15	399	347	317	339	368	369	401	392	323	382	348	372	377	416	425
15-30	344	409	393	355	289	350	376	325	299	380	300	364	378	338	406
MUESTRAS DE TIERRA (PESO SECO)															
0-15	307	284	259	298	284	302	336	324	252	322	283	278	299	359	325
15-30	343	344	335	301	217	279	322	273	214	321	242	264	308	298	318

Anexo B. Análisis de las muestras de suelo recolectadas

Anexo B.1. Carbono en el suelo, en profundidades de 0-15 y de 15-30 cm de profundidad en cada ejemplar de Chamana (*Dodonaea Viscosa* (L.) Jacq.), y Tayango (*Bacharis* sp) colectados en el estudio.

CALICATAS	C %	M.O %
1	1.34	2.46
2	1.14	1.97
3	0.57	0.99
4	0.86	1.48
5	0.86	1.48
6	0.69	1.18
7	0.86	1.48
8	0.34	0.59
9	0.4	0.69
10	0.34	0.59
11	1.43	2.46
12	0.57	0.99
13	0.51	0.89
14	0.63	1.08
15	1.14	1.97
Promedio	0.78	1.35

Fuente: Análisis de datos obtenidos en el laboratorio de suelos y aguas (LABISAG) de la UNTRM, 2017.



"UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS"
 INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE DE CEJA DE SELVA"
 LABORATORIO DE INVESTIGACION EN SUELOS Y AGUAS



ANÁLISIS DE SUELOS : FERTILIDAD

1. DATOS :
Solicitante : LEIDER TAFUR CHUQUIZUTA
Departamento : AMAZONAS
Provincia : LUYA
Distrito : LAMUD
Casero :
Parcela : TOZÁN
Fecha : 04/12/17
B.V. :

2. RESULTADO DEL ANALISIS SOLICITADO

Lab	Número de Muestra Muestra	C		M.O		N	
		%	%	%	%	%	%
1099	(0-15)	1.43	2.46	0.12			
1100	(0-15)	1.14	1.97	0.10			
1101	(0-15)	0.57	0.99	0.05			
1102	(0-15)	0.86	1.48	0.07			
1103	(0-15)	0.86	1.48	0.07			
1104	(0-15)	0.69	1.18	0.06			
1105	(0-15)	0.86	1.48	0.07			
1106	(0-15)	0.34	0.59	0.03			
1107	(0-15)	0.40	0.69	0.03			
1108	(0-15)	0.34	0.59	0.03			
1109	(0-15)	1.43	2.46	0.12			
1110	(0-15)	0.57	0.99	0.05			
1111	(0-15)	0.51	0.89	0.04			
1112	(0-15)	0.63	1.08	0.05			
1113	(0-15)	1.14	1.97	0.10			

UNIVERSIDAD NACIONAL
 TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS
 INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE DE CEJA DE SELVA
 LABORATORIO DE INVESTIGACION EN SUELOS Y AGUAS
 LEIDER TAFUR CHUQUIZUTA

Anexo C. Estadística descriptivo de Biomasa y altura total

Anexo C.1. Estadística descriptiva de las variables
consideradas en la medición de los árboles individuales de
Chamana

Variab les	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Coficiente de variación (%)
Biomasa(kg)	15	1.005	6.00	2.5	27.787	53
Altura total (m)	15	0.9	1.6	1.09	0.5414	18

Anexo C.2. Estadística descriptiva de las variables
consideradas en la medición de los árboles individuales
de Tayango

Variab les	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Coficiente de variación (%)
Biomasa(kg)	15	2.00	9.00	3.5	76.104	54
Altura total (m)	15	0.8	2.00	1.5	1.8837	25

Anexo E. Galería Fotográfica



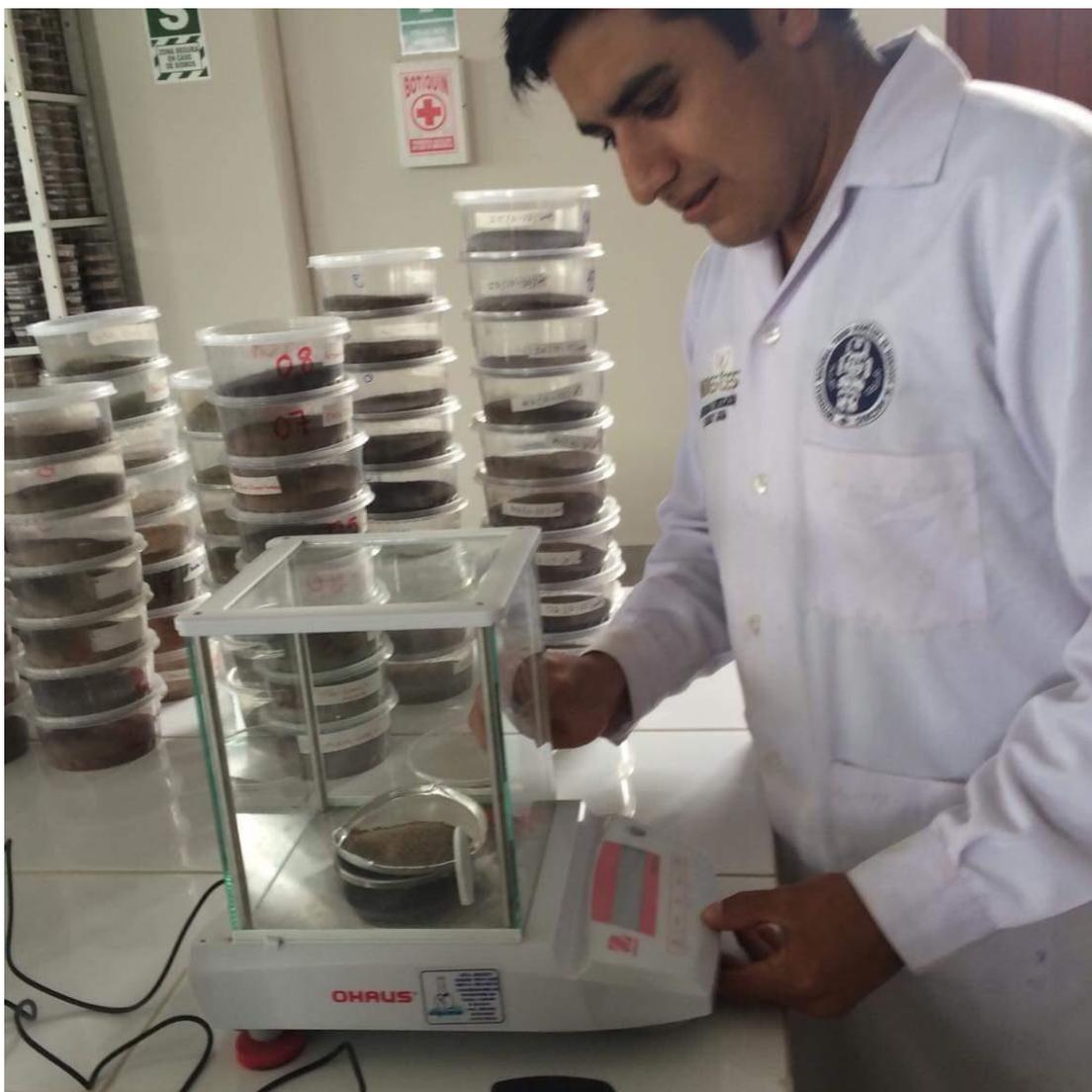
Fotografía E.1. Reconocimiento del sector para el trabajo en campo.



Fotografía E.2. Calicatas realizadas en el sector de Tozán para la toma de muestras.



Fotografía E.3. Obtención de materia seca de las muestras recolectadas.



Fotografía E.3. Pesado de muestras de suelos para el análisis de contenido de carbono



Fotografía E.4. Trabajo de las muestras en laboratorio de la UNTRM.