



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



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS

**CAPTURA DE CARBONO EN UN SISTEMA
SILVOPASTORIL CON ALISO (*Alnus acuminata*), EN
EL DISTRITO DE MOLINOPAMPA, CHACHAPOYAS,
AMAZONAS 2016**

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

AUTORAS:

- Br. Rebeca Stacy Fluker Puscan
- Br. Viviana Sánchez Olivera

ASESOR:

Ing. Segundo Manuel Oliva Cruz

CO ASESOR:

Ing. Robert Jackson Pérez Torres

CHACHAPOYAS - PERÚ

2016



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



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS

**CAPTURA DE CARBONO EN UN SISTEMA
SILVOPASTORIL CON ALISO (*Alnus acuminata*), EN
EL DISTRITO DE MOLINOPAMPA, CHACHAPOYAS,
AMAZONAS 2016**

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

AUTORAS:

- Br. Rebeca Stacy Fluker Puscan
- Br. Viviana Sánchez Olivera

ASESOR:

Ing. Segundo Manuel Oliva Cruz

CO ASESOR:

Ing. Robert Jackson Pérez Torres

CHACHAPOYAS - PERÚ

2016

DEDICATORIA

A Dios por la vida y a mis padres por el apoyo incondicional, sacrificio y amor dedicado a lo largo de toda mi formación personal y profesional.

Rebeca Stacy

A Dios por permitirme cumplir con mis objetivos y guiarme por un buen camino. A mis padres y hermanos por su apoyo y confianza depositada.

Viviana Sánchez

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

Ph.D. JOSE LUIS MAICELO QUINTANA

Rector

Dr. OSCAR ANDRÉS GAMARRA TORRES

Vicerrector Académico

Dra. MARIA NELLY LUJÁN ESPINOZA

Vicerrectora de investigación

Dr. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN

Decano de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental

VISTO BUENO DEL ASESOR

Yo, Segundo Manuel Oliva Cruz identificado con DNI N° 053747449, docente de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, asesor de la tesis

“Captura de carbono en un sistema silvopastoril con aliso (*Alnus acuminata*), en el distrito de Molinopampa, Chachapoyas, Amazonas 2016”. De los tesistas egresados de la escuela profesional de Ingeniería Ambiental de la Untrm- Amazonas:

Br. FLUKER PUSCAN, Rebeca Stacy

Br. SANCHEZ OLIVERA, Viviana

El docente de la Untrm- A que suscribe, da **Visto Bueno** al Informe Final de la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones para su posterior Sustentación.

Chachapoyas 08 de setiembre de 2017

Ing. Segundo Manuel Oliva Cruz

DNI N° 053747449

JURADO EVALUADOR

Ing. ELI PARIENTE MONDRAGON

Presidente

Lic. JOSÉ LUIS QUISPE OSORIO

Secretario

M.Sc. MARTIN FELIZ CUADRADO HIDALGO

Vocal

AGRADECIMIENTO

Nuestro agradecimiento especial a todos los profesionales integrantes del proyecto SNIP N°312252. Creación de los servicios de un laboratorio de fisiología y biotecnología vegetal de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, del Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva – INDES-CES, por el apoyo incondicional para la ejecución de nuestra investigación.

Así mismo a los profesores Ing. Segundo Manuel Oliva Cruz, Ing. Pérez Torres, Robert Jackson, Ing. Wagner Guzmán Castillo y a todos aquellos que contribuyeron en el proceso de elaboración y ejecución de la investigación, por su orientación y apoyo para la realización de esta investigación.

DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO

Yo, Rebeca Stacy Fluker Puscan, identificado con DNI 73655272 y Viviana Sánchez Olivera, identificada con DNI 47565904, estudiantes de la escuela profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

Declaramos bajo juramento que:

1. Somos autoras de la tesis titulada:

CAPTURA DE CARBONO EN UN SISTEMA SILVOPASTORIL CON ALISO (*Alnus acuminata*), EN EL DISTRITO DE MOLINOPAMPA, CHACHAPOYAS, AMAZONAS 2016

La misma que presentamos para optar:

Título 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 cuentas 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 a obra y/o invención presentada. Así mismo, 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 derivado 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, 08.de setiembre del 2017

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	iii
PÁGINA DE AUTORIDADES UNIVERSITARIAS	iv
PÁGINA DEL VISTO BUENO DEL ASESOR.....	v
PÁGINA DEL JURADO.....	vi
AGRADECIMIENTO	vii
DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO	viii
TABLA DE CONTENIDOS	ix
INDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT.....	xiv
I. INTRODUCCIÓN.....	15
1.1 Realidad problemática	15
1.2. Formulación del problema	16
1.3. Justificación del problema.....	16
1.4. Objetivos.....	17
II. MARCO TEÓRICO.....	18
2.1. Antecedentes de la investigación.....	18
2.2. Definición de términos.....	28
2.3. Hipótesis.....	37
2.4. Determinación de variables	37
III. MARCO METODOLÓGICO.....	38
3.1. Área de estudio.....	38
3.1.1. Ubicación	38
3.1.2. Población, muestra y muestreo	40
3.1.3. Métodos.....	42

3.1.4. Técnicas e Instrumentos.....	42
3.1.5. Análisis de datos	45
IV. RESULTADOS	48
V. DISCUSIÓN	61
VI. CONCLUSIONES	65
VII. RECOMENDACIONES	66
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67
ANEXOS	

INDICE DE TABLAS

TABLA N° 01. Mediciones en campo y producción de biomasa aérea Total, de los árboles de Aliso (<i>Alnus acuminata</i> Kunth.) en el anexo Ocol, distrito de Molinopampa.....	48
TABLA N° 02. Mediciones en campo y producción de biomasa herbácea del sistema silvopastoril con aliso (<i>Alnus acuminata</i> Kunth.) en el anexo Ocol, distrito de Molinopampa.....	50
TABLA N° 03. Mediciones en campo y producción de Biomasa en Hojarasca en el sistema silvopastoril con aliso (<i>Alnus acuminata</i> Kunth.) en el anexo Ocol, distrito de Molinopampa.	51
TABLA N° 04. Carbono en el suelo, en profundidades de 0 - 10 y de 10 - 20 cm de profundidad en cada ejemplar de aliso (<i>Alnus acuminata</i> Kunth.) colectados en el estudio.....	54
TABLA N° 05. Estadística descriptiva de las variables consideradas en la medición de los árboles individuales de aliso (<i>Alnus acuminata</i> Kunth.)	56
TABLA N° 06. Análisis de Correlación de Pearson entre el DAP Y la biomasa seca total.....	56
TABLA N° 07. Estadísticos de ajuste de los modelos probados para la estimación de biomasa total para aliso (<i>Alnus acuminata</i> Kunth.)	57
TABLA N° 08. Estadísticos de ajuste de los modelos probados para la estimación de biomasa total para el Aliso (<i>Alnus acuminata</i> Kunth.).....	58
TABLA N° 09. evaluación de los estimadores para el DAP y la altura para determinar la cantidad de carbono.....	60

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 01: Flujos y almacenes de carbono en un ecosistema forestal.....	30
FIGURA N° 02: Mapa de ubicación geográfica del proyecto.....	39
FIGURA N° 03: Producción de biomasa seca de aliso (<i>Alnus acuminata</i> Kunth.) en función al DAP.....	49
FIGURA N° 04: Aporte de la biomasa Arbórea, arbustiva y hojarasca en la biomasa vegetal total.....	52
FIGURA N° 05: Biomasa arbórea y carbono almacenado en aliso (<i>Alnus acuminata</i> Kunth.)	53
FIGURA N° 06: Porcentaje de materia orgánica en el suelo.....	55
FIGURA N° 07: Relación entre el DAP y la biomasa seca total.....	57
FIGURA N° 08: Relación lineal entre el DAP y la biomasa seca total.....	59

RESUMEN

La presente investigación permitió determinar la concentración de carbono en un sistema silvopastoril con aliso (*Alnus acuminata* Kunth.), en el anexo de Ocol. Siendo el propósito mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero, generando beneficios económicos a través de bonos de carbono que se obtiene por proteger el bosque. El área de estudio fue una parcela de 1.67 ha, siendo nuestro sistema silvopastoril con distribución en potrero. La muestra fue de 12 alisos (edad promedio: 6 años) y para la toma se realizaron mediante el método destructivo, obteniendo así una biomasa en el componente aéreo de 9.45tn/ha, 0.01398tn/ha en pasto, y hojarasca con 0.00602tn/ha. La estimación de biomasa vegetal con 3.95tn/ha. Parte del sistema, el componente suelo se cuantificó carbono con un resultado de 0.005034tn/ha. El modelo alométrico establecido para aliso (*Alnus acuminata* Kunth.) es el modelo lineal, $\text{kgC} = -22.695 + 1.5085 * \text{DAP}$, esta ecuación tiene al DAP como variable regresora (independiente) presentando un coeficiente de determinación del 0.911 lo que indica que el DAP expresa a la cantidad de carbono en un 91.1% cuyo valor tiene un nivel de confianza aceptable. Finalmente, estimamos la concentración de carbono en el sistema silvopastoril con un total de 3.955tn/ha.

Palabras claves: carbono, concentración de carbono, captura de carbono.

ABSTRACT

The present investigation allowed to determine the carbon concentration in a silvopastoral system with alder (*Alnus acuminata* Kunth.), in the annex of Ocol. The purpose is to mitigate emissions of greenhouse gases, generating economic benefits through carbon credits that is obtained to protect the forest. The study area was a plot of 1.67 ha, being our silvopastoral system with distribution in pasture. The sample was 12 alyses (average age: 6 years) and for the shoot were made by the destructive method, obtaining a biomass in the aerial component of 9.45tn / ha, 0.01398tn / ha in grass, and litter with 0.00602tn /ha has. The estimate of plant biomass with 3.95tn / ha. Part of the system, the soil component was quantified carbon with a result of 0.005034tn / ha. The allometric model established for alder (*Alnus acuminata* HBK) is the linear model, $\text{kgC} = -22.695 + 1.5085 * \text{DAP}$, this equation has the DAP as regressor (independent) variable presenting a coefficient of determination of 0.911 which indicates that the DAP expresses To the amount of carbon in 91.1% whose value has an acceptable level of confidence. We finally, estimate the carbon concentration in the silvopastoral system with a total of 3,955tn / ha.

Key words: carbon, carbon concentration, carbon capture.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En la actualidad a nivel mundial, nacional y local existe una seria preocupación relacionada con el cambio climático global, el cual está asociado con el aumento potencial de la temperatura superficial del planeta constituyéndose en uno de los problemas ambientales más severos que se enfrenta en el presente siglo, teniendo como efecto principal el rápido incremento en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (Bolin et al., 1986). El cambio climático se ha generado por diversas razones, una de las más importantes es el agotamiento de los recursos por lo que día a día va aumentado la contaminación ambiental. Según Botero y Andrade (2008), otras de las razones que se pueden observar y de lo cual existe abundante evidencia son las diferentes actividades antrópicas como la deforestación, los sistemas ganaderos tradicionales y la degradación de pasturas produciendo cambios en la composición de la atmósfera. Aunque estas consecuencias generan mucha polémica, existe un aumento en el calentamiento global debido al fortalecimiento del "efecto invernadero". Los incrementos en la concentración de CO₂ en la atmósfera son muy altos y se están perdiendo los recursos naturales capaces de mitigar el calentamiento global. La creciente preocupación sobre los efectos potencialmente desastrosos del calentamiento global en varias regiones del mundo se está enfrentando con la incapacidad de muchos países de reducir emisiones netas de gases de invernadero.

Está comprobado que las actividades humanas son causantes de cambios en la composición de la atmosfera. El protocolo de Kioto y las subsecuentes Conferencias de las Partes (COP) de la convención de cambio climático han despertado interés sobre el potencial de los ecosistemas forestales y agroforestales para fijar carbono, ya que una de las formas de limpiar CO₂ de la atmosfera es a través de la fotosíntesis, al evaluar este servicio ambiental en términos ecológicos puede estimular proyectos forestales dentro del marco del mecanismo de desarrollo limpio.

Por esta razón consideramos la importancia del desarrollo de esta investigación con el firme propósito de mitigar la problemática ambiental a partir de la captura del carbono en un sistema silvopastoril con la especie forestal de aliso en el departamento de Amazonas, especialmente en el Distrito de Molinopampa- Anexo de Ocol.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la concentración de carbono capturado en un sistema silvopastoril con aliso (*Alnus acuminata* Kunth), en el anexo Ocol, distrito de Molinopampa, Chachapoyas-Amazonas-2016?

1.3. Justificación del problema

La preocupación mundial por mitigar las consecuencias de gases de efecto invernadero ha dado lugar a una política internacional dirigida a entender los procesos de generación y absorción de ellos. Esto ha permitido reconocer la importancia de los ecosistemas terrestres y, en particular, el papel que tiene la vegetación para captar el dióxido de carbono atmosférico por medio de la fotosíntesis, para incorporarlo a las estructuras vegetales y, de esta

forma, reducir la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera, mitigando, en el largo plazo, el cambio climático. De ahí se desprende la importancia de la investigación, el concepto de captura de carbono y el asumir la responsabilidad de nuestras emisiones mediante el pago de servicios ambientales.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

- Analizar la concentración de carbono en un sistema silvopastoril con aliso (*Alnus acuminata* Kunth), en el anexo Ocol, distrito de Molinopampa, provincia de Chachapoyas.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la cantidad de biomasa en el componente aéreo, pasto y hojarasca.
- Estimar la biomasa vegetal total en aliso (*Alnus acuminata* Kunth).
- Cuantificar el carbono en el suelo.
- Establecer el modelo matemático que describe el comportamiento de carbono en el aliso (*Alnus acuminata* Kunth).
- Estimar la concentración de carbono en un sistema silvopastoril con aliso (*Alnus acuminata* Kunth).

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

El estudio relacionado con dos arreglos forestales en Colombia, encontró que el arreglo cultivo en callejones (CC)¹ presento mayor cantidad de biomasa seca aérea total con 2,4 ton/ha y carbono almacenado 1.20 ton C/ha en árboles de *A. jorullensis*, frente a 0,647 ton/ha de biomasa y carbono almacenado 0.323 ton C/ha en el arreglo árboles dispersos (SSP)², por lo tanto el diseño de los arreglos (densidad y/o distancias de siembra) influye sobre la producción de biomasa y en el almacenamiento de carbono. En cuanto a la distribución de biomasa, el fuste presentó el mejor contenido de biomasa seca con 57% para el arreglo (SSP), frente a 43% del arreglo (CC)³, por lo tanto, se concluye que la mayor cantidad de biomasa se encuentra en el fuste y que la distribución de la biomasa en los componentes depende de la realización de labores culturales propias de cada arreglo en este caso “podas” realizadas en el arreglo (CC). Para el arreglo cultivo en callejones, el modelo que mejor estimó la biomasa seca aérea total en la especie *A. jorullensis* a partir del DAP fue de tipo exponencial: $Bt \text{ (kg.)} = \exp (3.56048 - 10.2771 / DAP)$, presentando un coeficiente de determinación (R^2) de 93.01% y bajos errores de estimación. Para el arreglo arboles dispersos, el modelo de la forma: $Bt \text{ (kg.)} = \exp (-0,34342 + 0,525503 * DAP \text{ cm})^2$ fue el que mejor estimó la biomasa

¹ CC: Cultivo de callejones

² SSP: Sistema silvopastoril

³ CC: Cultivo de callejones

seca aérea total en la especie *A. jorullensis*, a partir del DAP, presentando un coeficiente de determinación (R^2) de 93.3748% y bajos errores de estimación. El modelo $Y=\exp(7,18011-44,6446/X)$ propuesto por Forero L *et. al.* (2006) para cercas vivas de *Alnus jorullensis*, subestima las cantidades de biomasa y por consiguiente de carbono almacenado en los arreglos agroforestales cultivo en callejones y árboles dispersos determinados en este estudio. Por lo cual se puede concluir que los modelos generados se deben utilizar para iguales condiciones agroecológicas de una zona y dentro de un mismo rango de datos en este caso (DAP). El estudio permitió concluir que el (DAP) influye directamente en la cantidad de biomasa aportada para cada sistema y por su fácil medición en campo es la variable que mejor se relaciona con la producción de biomasa. (Acosta, J. y Tupaz, F. 2007).

En el estudio realizado sobre almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos, se concluye que, en los tres paisajes ganaderos estudiados en Colombia, Costa Rica y Nicaragua, el total de carbono (carbono orgánico del suelo COS⁴ y bio- masa arbórea) presentó mayores depósitos en los bosques secundarios, los bosques primarios y las plantaciones forestales, mientras que las pasturas degradadas fueron el uso de la tierra que reportó menores valores.

Al nivel de suelo, las pasturas degradadas presentaron menores valores de COS a 1 m de profundidad en Costa Rica y Nicaragua, y no se

⁴ COS: Carbono orgánico del suelo

encontraron diferencias significativas de COS en los demás usos de la tierra evaluados. En Colombia, a nivel de suelos no se encontraron diferencias significativas de COS en los usos de la tierra analizados. Los resultados muestran que en cada uno de los paisajes ganaderos analizados las pasturas degradadas no están aportando significativamente al secuestro de carbono e incluso podrían estar emitiendo carbono a la atmósfera, mientras que las pasturas mejoradas con árboles son usos de la tierra con mayor potencial para el secuestro de carbono que las pasturas degradadas.

El mejoramiento de pasturas y el aumento de la cobertura arbórea pueden hacer que usos de la tierra como las pasturas degradadas presenten un alto potencial de secuestro de carbono a nivel de finca. A nivel de paisaje, el potencial de las fincas ganaderas se vería incrementado insertando algunas áreas con plantaciones forestales y liberando áreas no aptas para la producción agropecuaria para dar paso a la regeneración natural de bosques secundarios. (Muhammad, I. et al., 2007).

A nivel nacional, se presenta un estudio para determinar las reservas de carbono de la biomasa aérea, en diferentes sistemas de uso de la tierra, en donde se determina que los sistemas de bosques evaluados: bosques primarios de 50 años y bosques secundarios de 20 años, presentan los contenidos más altos de captura de carbono. Los bosques menos intervenidos presentan mayor cantidad de carbono. El nivel de carbono en todos los sistemas agrícolas y agroforestales es más bajo que el de los

bosques naturales. El nivel de carbono en biomasa aérea de los sistemas agroforestales evaluados (café - guaba, cacao) son más altos que los sistemas agrícolas y los de pastos manejados, teniendo en cuenta esto y los beneficios ambientales de estos tipos de sistemas es recomendable utilizarlos en áreas degradadas. Así mismo existen grandes pérdidas de los sumideros de carbono, si se cambian extensiones de bosque por cultivos agrícolas, convirtiéndose estas áreas en áreas con insignificantes niveles de captura y en algunos casos, áreas que son fuentes de emisión de Gases Efecto Invernadero- GEI. Las retenciones de carbono en los sistemas boscosos evaluados, tienen mayor variabilidad que sistemas agroforestales y agrícolas, de acuerdo al área de evaluación determinada del sistema, por la dinámica y características forestales de las mismas. Los sistemas agroforestales, al combinar los cultivos o frutales con especies forestales, incrementan sus niveles de captura de Carbono, mejorando además su productividad. En el mercado de CO₂⁵ equivalente se podría obtener pagos que mejoraría la rentabilidad de la producción y ayudaría a su mantenimiento, con ello el establecimiento de estos sistemas serían más atractivos para las comunidades de diferentes lugares del país. Los cultivos agrícolas no contribuyen significativamente con la retención de carbono. El CO₂ atmosférico, uno de los principales gases efecto invernadero, no es sustancialmente retenido en los cultivos, además puede producir fugas de otros GEI, como óxido nitroso, producto de la incorporación de plaguicidas

⁵ CO₂: Dióxido de carbono

o CO₂ por la quema de rastrojos agrícolas; lo cual reduce aún más su captura neta total. (Lapeyre, T., Alegre, J. 2004).

En otro estudio al realizar el inventario biométrico, el DAP y altura de las especies *Myrcia sp.* y *Manilkara sp.*, se observó que en ambas especies existe variaciones por ser un bosque de regeneración natural en distinto relieve geográfico; pues el DAP de *Manilkara sp.* Estuvo comprendido entre 10.3 cm y 36.2 cm y una altura total entre 7.14 m y 16.22 m, y la especie *Myrcia sp.* Presentó un DAP con variaciones entre 5.07 cm y 24.13 cm y una altura total entre 5.25 m y 19.27 m. En la cantidad de carbono almacenado entre las dos especies forestales, en el primer sector, se encontró que la especie *Myrcia sp.* Alcanzó un total de carbono de 8.16 Tn/ha, mientras que la especie *Manilkara sp.* Presentó un total de carbono capturado de 25.89 Tn/ha; y en el sector dos, la especie *Manilkara sp.* Registró un total de 26.21 Tn/ha de carbono capturado, y para la especie *Myrcia sp.* El total de carbono capturado fue de 5.67 Tn/ha, éstas diferencias se dan por ser un bosque de regeneración natural, no presentan características similares respecto al DAP y relieve terrestre. La especie *Manilkara sp.* “Quinilla” capturó mayor cantidad de carbono en promedio alcanzando 26.05 Tn/ha; sin embargo, el promedio de carbono capturado para la especie *Myrcia sp.* “Rupiña” fue 6.92 Tn/ha; con una diferencia de 19.13 Tn/ha, entre las dos especies forestales. Las características biométricas entre las especies forestales varían, en el caso de la especie de *Manilkara sp.* “Quinilla” el tamaño de copa, ramas del árbol y cantidad de hojas son mayores respecto a la especie de *Myrcia sp.* “Rupiña”. La

captura de carbono en *Manilkara sp.* y *Myrcia sp.* Está en relación del DAP; pues presentaron una regresión lineal directa, estos resultados están en relación a la edad de las especies porque éstas aún no han alcanzado un desarrollo máximo encontrándose entre las edades de 15 a 40 años aproximadamente. Por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa (H1). (Fuentes, S. y García 2012).

En la investigación sobre determinación de las reservas totales de carbono en plantaciones forestales de *Eucalyptus globulus L.* en el bosque “Tuyu”, la estimación de las reservas de carbono se efectuó utilizando parcelas rectangulares de cuatro por veinticinco metros con un rango de variabilidad de 15 tn/ha (Arévalo, *et. al.*, 2002), de igual manera en este trabajo de investigación se ha determinado la existencia de 195.436 tn/ha en el sistema de uso forestal de la tierra, distribuido de la siguiente manera: 71.693 tn/ha en la biomasa vegetal total (71.768 tn/ha en la biomasa arbórea, 0.492 tn/ha en la biomasa arbustiva/herbácea, 2.889 tn/ha en la biomasa de la hojarasca y 16.544 tn/ha en la biomasa subterránea) y 123.743 tn/ha en el suelo; las 230 hectáreas de plantaciones forestales establecidas con *Eucalyptus globulus labill* en el ámbito de la Comunidad Campesina Siete Imperios, contemporáneas e idénticas al bosque evaluado, muestran un saldo positivo de 44,950.28 toneladas de carbono almacenado; el balance emisión – captura de carbono, demuestra que el dióxido de carbono liberado anualmente a través de las diferentes actividades agrícolas y domésticas que realizan los pobladores de la Comunidad campesina Siete Imperios, es mitigado en toda su amplitud debido a la acción fotosintética

que desarrolla el bosque; los contenidos de carbono orgánico más altos en el sistema estudiado fueron encontrados en la biomasa arbórea y en el suelo; del carbono total determinado en la plantación forestal “Tuyu”, podemos afirmar que todos los sistemas de uso de la tierra manejados son más bajos que el de los bosques naturales (Alegre, *et. al.*, 2002). Las reservas de carbono almacenadas en los sistemas forestales de uso de la tierra dependen en general de la especie, de la edad de la vegetación arbórea, de la estratificación del bosque, del manejo silvicultural, del número, calidad y tipo de intervenciones, de las características climáticas y de la calidad del suelo; el presente estudio brinda una primera aproximación al potencial de captura de carbono en la Comunidad Campesina Siete Imperios. En estudios posteriores deberá extenderse la estimación de este potencial de captura a otros géneros como los pinos y las especies nativas existentes en los diferentes ecosistemas del Callejón de Huaylas y del país; tomando en cuenta que a nivel internacional se ha fijado un precio aproximado de US \$10/tC por concepto de captura de carbono como “servicio ambiental” en proyectos forestales (Montoya *et al.*, 1995; De Jong *et al.*, 1998), se generaría una derrama económica considerable para la Comunidad Campesina Siete Imperios. De hecho, considerando una captura neta de alrededor de 195.436 tC/ha, los beneficios estimados serían por lo menos del orden de US \$ 449,502.8 por año. Este recurso ayudaría a conservar los bosques de la comunidad y seguir obteniendo otros beneficios como: conservación de suelo, acumulación de agua, almacenamiento y reciclaje de nutrientes, limpieza del aire y sobre todo conservación y

mantenimiento de la riqueza y diversidad biológica del lugar. La metodología utilizada permite elaborar estimativas exactas y detalladas en diversos niveles; además, las variables tienen una precisión adecuada. (Hidalgo, P. 2003).

A nivel local en la investigación relacionada a la determinación de la reserva de carbono en un sistema Silvopastoril compuesto por Pino Patula (*Pinus patula*) y herbáceas nativas, se determina que en la caracterización del Sistema Silvopastoril tiene gran importancia y beneficios para los productores los árboles y las herbáceas nativas por parte del propietario son utilizados como: leña, postes, estacas, madera y pastos representando una importante contribución al bienestar de su familia; La cantidad de hojarasca en el sistema silvopastoril aportó 2.64 tn/ha de carbono; el mismo que es corroborado por Valenzuela (2001) al expresar que los niveles de contenido de carbono en hojarasca del sistema silvopastoril no varían significativamente. En el sistema silvopastoril presento un total 3.50 Tm/ha de carbono en herbáceas nativas a los 15 a 20 días de edad; el componente arbóreo en el sistema silvopastoril se obtuvo 10.89 Tm/ha de carbono; los arboles muestreados presentaron un promedio de 30.99 Kg de carbono secuestrado en el tejido vegetal, equivalente a 113.60 Kg de CO₂; el Sistema Silvopastoril es el que concentra el mayor número de individuos en las categorías diamétricas de 15 a 122 cm (más del 95 %), entonces se define como un bosque con alto dinamismo y con capacidad prometedora para almacenar cantidades considerables de carbono atmosférico; los sistemas silvopastoriles evaluados presentaron 5.68 % de

contenido de materia orgánica, valores reportados a las cantidades como suelo orgánico que son de 4 % ; la cantidad de carbono almacenado en el suelo bajo el sistema silvopastoril se obtuvo 36.62 Tm/ha, a una profundidad de 10 a 20 cm teniendo un total de 81.24 Tm/ha de carbono en los tres horizontes; existe correlación altamente significativa, $r = 0.9932$. Según el coeficiente de Spearman, el 5.68 % es materia orgánica y 3.29 es carbono en el suelo dicha materia orgánica proporciona coloides de alta capacidad de intercambio catiónico asimilables para las plantas; en el sistema silvopastoril se obtuvo 92.13 tn/ha de carbono almacenado y con un factor de conversión de 3.66 se obtuvo 337.20 tn/ha de carbono equivalente. La especie *Pinus patula* presenta un gran porcentaje de captura de carbono, de 42.70 %, menores a lo reportado por Valenzuela (2001). La mayor cantidad de biomasa se encontró en el fuste, que presentó 71.6% en promedio. El segundo componente con mayor cantidad de biomasa fue en las ramas con 15. % del total; según la ecuación de regresión potencial múltiple, se presentó el mayor $r' = 0.9066$, la ecuación generada es $Biomasa\ Seca = Bt - 0.6575\ DAP^{1794}\ Altura\ de\ Fuste\ 0.4057$, que determina mayor correlación con respecto a las variables DAP y altura de fuste; el 42.70 % de carbono secuestrado por el tejido vegetal *Pinus patula*, indica altas posibilidades de ser ofertado como bono de carbono a países desarrollados, a través de proyectos dentro de los mecanismos de desarrollo limpio, como parte del tratado de Kioto, en la actualidad el precio de mercado a nivel internacional es de 16,80 €/tn de CO₂ según. (Culqui, L. 2015).

En la investigación relacionada a la determinación de carbono en los páramos de pajonal de las microcuencas de las cataratas de Gocta y Chinata, en la cuenca media del río Utcubamba, 2013”, realizada por los investigadores del Programa de Biodiversidad y Medio Ambiente INDESCES, de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, expresan que el mayor aporte de agua a la microcuenca de Gocta, está dada por los pajonales que cubren aproximadamente un 40% del área de la microcuenca; la microcuenca de Chinata presenta menor espacio ocupado por pajonales, estos tienen igual importancia en el régimen hídrico de la microcuenca: con los 106.11 km² que abarca el área de pajonal, abarca las microcuencas de Gocta y Chinata; la familia de especies vegetales predominante en el área es las Poaceae; el área de pajonal superpuesta en el mapa de sombras indica que algunos espacios del área drenan de forma directa al río Utcubamba y otras al río Sonche; el análisis supervisado para la generación del mapa de cobertura vegetal, uso datos colectados en campo, a través del reconocimiento en campo y georreferenciación; el porcentaje de biomasa seca por metro cuadrado es de 43.75% ; se tiene 107 x 10³ TM de carbono en los pajonales de las microcuencas de Chinata y Gocta y 214x10³ TM de biomasa seca; se asumirá el factor de 0.5 para transformar la biomasa seca en Carbono (Gamarra, O. et al., 2013).

2.2. Definición de términos básicos

2.2.1. El carbono

Es un elemento representativo, no metálico, de él se conocen cuatro formas alotrópicas, además del carbón amorfo: grafito, diamante, fullerenos y nanotubos. La apariencia del grafito es negra y la del diamante incolora.

El átomo de carbono tiene un número atómico ($Z=6$) y un número de masa de 12, ($A=12$), por tanto, tiene 6 protones, 6 electrones y 6 neutrones. Su número de electrones externos o de valencia, nos indica el número del grupo al que pertenece en la tabla periódica. En este caso al grupo IV A o grupo (14). (Cruz, J. y Cols 2011).

2.2.2. Ciclo biológico del carbono

El ciclo del carbono comienza con la fijación del anhídrido carbónico atmosférico través de los procesos de la fotosíntesis, realizada por las plantas y ciertos microorganismos. En este proceso el anhídrido carbónico y el agua reaccionan para formar carbohidratos y liberar oxígeno en forma simultánea, que pasa a la atmósfera. Parte del carbohidrato se consume directamente para suministrar energía a la planta, y el anhídrido carbónico así formado se libera a través de sus hojas o de sus raíces. Otra parte es consumida por los animales, que también respiran y liberan anhídrido carbónico, Las plantas y los animales mueren y son finalmente descompuestos por microorganismos del suelo, lo que da como

resultado que el carbono de sus tejidos se oxide en anhídrido carbónico y regrese a la atmósfera. (AFOLU, 2005)

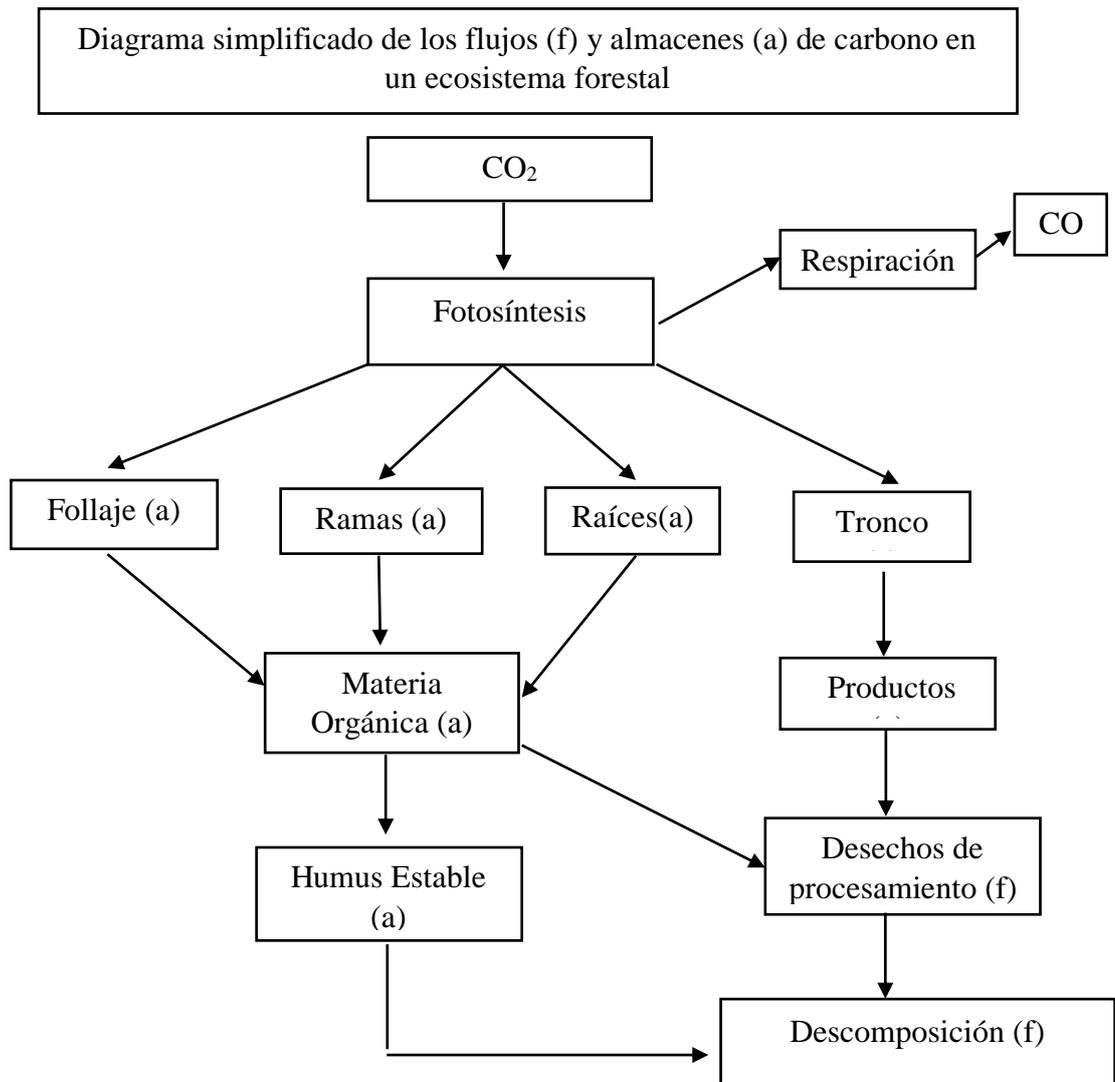
El principal almacén de carbono lo constituye la atmósfera, que está asociada al oxígeno formando el anhídrido carbónico, como producto de la respiración y/o de algún proceso de combustión, el cual es incorporado a través de las estomas al interior de las hojas de la planta, por medio de un proceso fotoquímico conocido como fotosíntesis.

2.2.3. Carbono en las plantas

Se representa por los flujos y almacenes de carbono en un ecosistema forestal, donde el follaje, las ramas, el tallo, los desechos, los productos y el humus, que se reincorporan al ciclo por descomposición y/o quema de biomasa forestal (Figura N° 01).

Una parte del carbono fijado es transformado en biomasa y la otra parte es liberada a la atmósfera por medio de la respiración, Los bosques del mundo absorben 110 tn C año, mientras que mediante la respiración emiten 55 tn C año y por medio de la descomposición emiten de 54 a 55 tn C año.

Figura N° 01: Flujos y almacenes de carbono en un ecosistema forestal



Fuente: Ordoñez, 1999

2.2.4. El carbono en ecosistemas forestales

El anhídrido carbónico atmosférico es incorporado a los procesos metabólicos de las plantas mediante la fotosíntesis. Este CO₂ participa en la composición de todas las estructuras necesarias para que el árbol pueda desarrollarse (follaje, ramas, raíces y tronco). Según Snowdon, (1998). Los agro ecosistemas acumulan carbono en cuatro grandes componentes: biomasa aérea (o biomasa sobre el suelo), hojarasca, sistema radical y carbono orgánico del suelo, La influencia de la vegetación herbácea en el almacenamiento y fijación de árbol es muy baja, por lo que puede omitirse dentro de un estudio de carbono.

Durante el tiempo en que el CO₂ se encuentra constituyendo alguna estructura del árbol y hasta que es enviado nuevamente al suelo o a la atmósfera, se considera almacenado. En el momento de su liberación (ya sea por la descomposición de la materia orgánica y/o por la quema de la biomasa), el CO₂ fluye para regresar al ciclo del carbono, Entre los métodos empleados para determinar la cantidad de CO₂ presente en la biomasa total, se encuentra el método del factor de conversión. Que consiste en multiplicar los datos de biomasa por un factor de conversión o fracción de carbono que involucra la relación entre el peso de la molécula de CO₂ y el peso del átomo de carbono (C). Este factor generalmente asume un valor de 0,5 g de C con respecto a un gramo de biomasa. (AFOLU, 2005)

2.2.5. Captura de carbono

Es la propuesta de una técnica para retirar dióxido de carbono de la atmósfera o, más comúnmente, evitar que llegue a ella. La Captura y Almacenamiento del Carbono constituye un proceso consistente en la separación del CO₂ emitido por la industria y fuentes relacionadas con la generación de energía en los procesos de combustión y su transporte a un lugar de almacenamiento geológico para aislarlo de la atmósfera a largo plazo.

2.2.6. Dióxido de carbono (CO₂)

El CO₂ cobra especial relevancia por su efecto sobre las condiciones climáticas del planeta debido a que es un gas de larga permanencia, es decir, es un gas que permanece activo en la atmósfera durante mucho tiempo. Así, por ejemplo, del CO₂ emitido a la atmósfera, sobre el 50% tardará 30 años en desaparecer, un 30% permanecerá varios siglos y el 20% restante durará varios millares de años. (Carvajal, 2007)

2.2.7. Biomasa

Es aquella materia orgánica de origen animal o vegetal, incluyendo los desechos y residuos orgánicos, susceptible de ser aprovechada energéticamente. Las plantas transforman la energía radiante del sol en energía química a través de la fotosíntesis, y parte de esta energía queda almacenada en forma de materia orgánica.

En la actualidad se considera como definición de biomasa: al “grupo de productos energéticos y materia primas renovables que

se originan a partir de materia orgánica formada por vía biológica”, quedando fuera de esta definición los combustibles fósiles y las materias orgánicas derivadas de éstos (los plásticos y la mayoría de los productos sintéticos) ya que, aunque aquellos tuvieron un origen biológico, su formación tuvo lugar en tiempos remotos. La biomasa es una energía renovable de origen solar a través de la fotosíntesis de los vegetales; considerándose una fracción biodegradable de productos, desechos y residuos procedentes de la agricultura, silvicultura y de las industrias relacionadas, así como de la fracción biodegradable de residuos industriales y municipales.

2.2.8. La biomasa como fuente energética

Desde tiempos remotos el hombre ha utilizado la biomasa como fuente energética para realizar sus tareas cotidianas. Cuando el uso de combustibles fósiles comenzó a tomar fuerza, la biomasa se vio relegada a un plano inferior, donde su aportación a la producción de energía primaria era insignificante. En la actualidad debido a diversos factores que se detallan a continuación, ha habido un resurgimiento de la biomasa como fuente energética.

Los factores responsables de favorecer la biomasa como fuente energética son:

- El encarecimiento del precio del petróleo
- El aumento de la producción agrícola
- Necesidad de buscar usos alternativos a la producción agrícola

- Cambio climático
- Posibilidad de utilizar los conocimientos científicos y técnicos para optimizar el proceso de obtención de energía.
- Marco económico favorable para el desarrollo de plantas que utilizan biomasa como combustibles, gracias a las subvenciones a la producción que reciben las plantas generadoras de energía con esta fuente.
- Dificultad normativa para desarrollar otro tipo de proyectos dejando a la biomasa como lo alternativa más razonable para rentabilizar una inversión económica.

2.2.9. Sistema

Es un conjunto de partes o elementos organizados y relacionados que interactúan entre sí para lograr un objetivo. Los sistemas reciben (entradas) datos de energía o materia del ambiente y proveen (salida) información, energía o materia. Orden dinámico de partes y procesos en interacción mutua. (Farías, s.f.)

2.2.10. DAP: Diámetro a altura del pecho. (Quintana, 2008)

2.2.11. CAP: Circunferencia altura del pecho. (Quintana, 2008)

2.2.12. Sistemas silvopastoriles

Es aquel sistema de uso de la tierra donde las leñosas de aptitud forestal crecen en asociación con hierbas de valor forrajero y animales (domésticos y/o silvestres), en un arreglo espacial y temporal, con múltiples interacciones ecológicas y económicas entre los componentes del sistema.

En otras palabras, un sistema silvopastoril es el que permite que sus componentes, árboles forestales, pasturas y animales de producción, se ubiquen bajo un esquema de manejo racional integral, que tienda a mejorar a mediano o largo plazo, la productividad, la sustentabilidad y la rentabilidad de la explotación; todo ello teniendo en cuenta, las disímiles condiciones y tiempos de producción de los diversos componentes. (Agüero & Zoot, G. 2009)

2.2.13. **Agroforestería**

Es el conjunto de técnicas de uso y manejo de la tierra que implica la combinación de árboles forestales con cultivos agrícolas (anuales y/o perennes), con animales o con ambos a la vez, en una parcela, ya sea simultáneamente o sucesivamente, para obtener ventajas de la combinación. Los sistemas agroforestales son alternativas válidas para el productor como herramienta indispensable para el mejoramiento de la producción, su economía familiar y su calidad de vida. Este sistema facilita una producción diversificada y más duradera (sustentable), estabilidad económica y social, permitiendo a las familias convertirse en agentes de cambio para lograr el arraigo en sus tierras. (Martel, 2010).

2.2.14. **El componente arbóreo en SAF⁶**, fija el carbono de la atmósfera mediante la fotosíntesis y lo almacena en el suelo. Más concretamente, los árboles empleados en los SAF actúan como

⁶ SAF: Sistema agroforestal

secuestradores de carbono. (Casanova, Petit Aldana, & Solorio Sánchez, 2010).

2.2.15. **Aliso**

Es una especie de vida media, de tamaño variable con alturas hasta de 30 m y diámetro de 50 cm; excepcionalmente puede alcanzar hasta 40 m de altura y 60 cm de diámetro. Tiene fuste recto, con aletones pobremente desarrollados, y es cónico cuando crece sin competencia. La corteza es de color grisáceo, a veces plateado, con lenticelas amarillentas, ovals y circulares dispuestas horizontalmente a lo largo del fuste. La copa es irregular y generalmente es angosta. (Ospina Penagos. et al., 2005).

2.2.16. **Pasto**

Pasto es el nombre general que reciben diversas hierbas. El pasto es el alimento vegetal que crece en el suelo de los campos y que se destina a la alimentación de los animales.

2.2.17. **Hojarasca**

Es uno de los horizontes constituyentes del suelo, el cual está constituido en su mayoría por restos vegetales recientemente desprendidos por la vegetación (hojas secas, frutos, pequeñas ramas, trozos de corteza, etc.). La morfología y procedencia de tales restos es reconocible a simple vista y su humedad depende de las condiciones meteorológicas, mientras que su espesor suele estar condicionado con la facilidad dificultad con la que se descompone el material vegetal. (Pardo, 2008)

2.3. Hipótesis

En un sistema silvopastoril se encuentra mayor concentración de carbono en la biomasa arbórea que en la biomasa herbácea y hojarasca.

2.4. Determinación de Variables

Variable Independiente: Concentración de carbono

Variable Dependiente: Sistema silvopastoril

III. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Área de estudio

3.1.1. Ubicación

El estudio se realizó en el distrito de Molinopampa, Provincia de Chachapoyas, región Amazonas. El distrito de Molinopampa, está conformado por nueve anexos entre ellos: Huascazala, Espadilla, Santa Cruz del Tingo, Ocol, San José de Dallavoz, Izcuchaca, Huamazán, Casmal y Pumarmana, limita por el Norte con el distrito de Quinjalca y el distrito de Granada, por el Sureste con la provincia de Rodríguez de Mendoza, por el Suroeste con el distrito de Cheto y por el Oeste con el distrito de San Francisco de Daguas y Sonche.

El distrito de Molinopampa presenta una extensión territorial de 333,86 km encontrándose a 2407 metros sobre el nivel del mar, a una distancia de 42 km de la capital de la Región Amazonas, es decir a una hora.

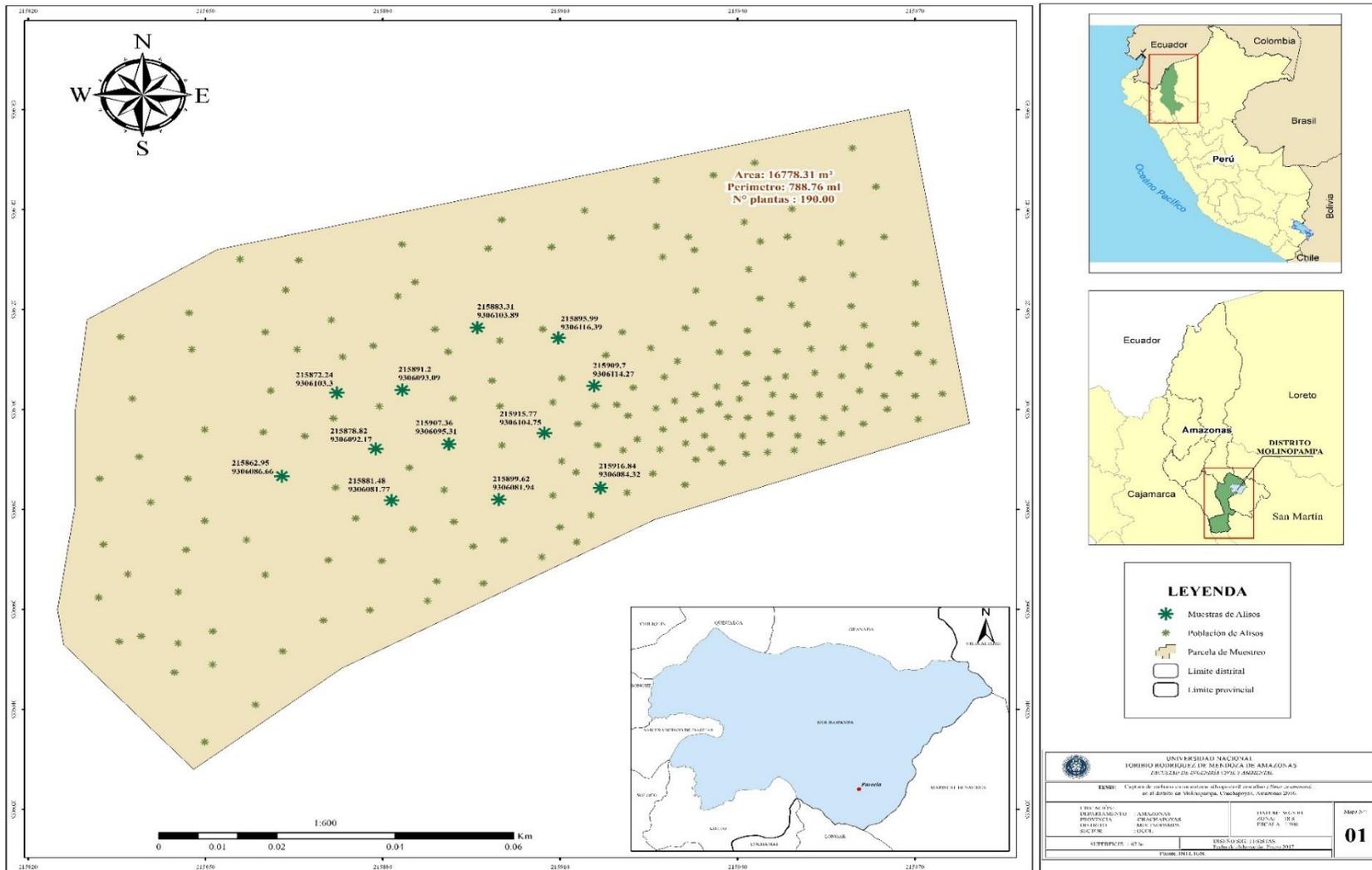
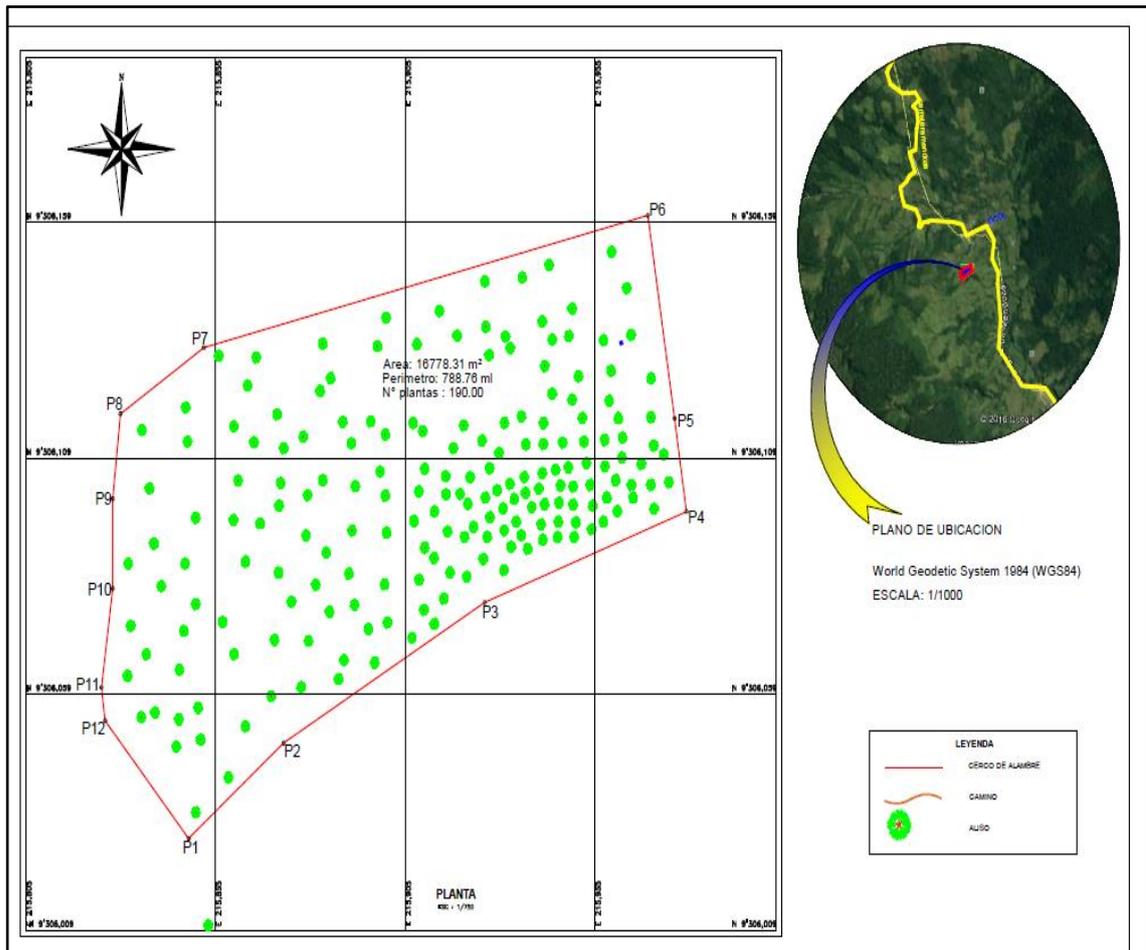


Figura N°02: Mapa de ubicación geográfica del proyecto



Fuente: Elaboración propia - Mapa del Sistema Silvopastoril

3.1.2 Población, muestra y muestreo

Población: Se consideró para la investigación una plantación de 190 alisos (*Alnus acuminata* Kunth), que componen el sistema silvopastoril en un área de 1.67 hectáreas.

Muestra: La muestra estuvo considerado por 12 árboles de aliso equivalente al 6.32 % de la población.

Para la determinación del número de muestras se tuvo en cuenta las investigaciones citadas en los antecedentes; éstas llevaron a cabo su investigación con muestras de 9 árboles por cada sistema silvopastoril en el caso de Acosta, J. y Tupaz, F. 2007 y 6 árboles de pinos en el caso Culqui, L. 2015.

Del mismo modo la razón por la cual se ha tomado una muestra pequeña en nuestra investigación, está relacionado con la preservación del medio ambiente, porque obtener una muestra probabilística, es trabajar con un tamaño mayor que obligaría talar aproximadamente 127 árboles de aliso, hecho que perjudicaría en gran medida al medio ambiente.

Muestreo: Para la toma de muestras se utilizó el método de muestreo no probabilístico. Las muestras se realizaron en una parcela de 1.67 ha. de sistemas silvopastoriles con aliso en el distrito de Molinopampa, provincia de Chachapoyas- Amazonas del cual se tomaron 12 alisos como unidad muestral por hectárea con sistema silvopastoril con distribución en potrero, respectivamente seccionados cada 2 metros de los cuales se extrae 5 cm de cada sección para ser llevado al laboratorio y obtener los resultados de biomasa seca y húmeda con lo que finalmente se va estimar el porcentaje de carbono en el aliso y muestras de 12 calicatas, una calicata por cada árbol de aliso derribado. Para las muestras de pasto se tomaron una muestra por planta de aliso teniendo en cuenta un metro de distancia por cada aliso.

Para la toma de muestra se aplicó el efecto de borde, que consiste en tener en cuenta que las muestras no deben encontrarse cerca a los cercos de las parcelas, con la finalidad de que las condiciones, como en las que se encuentra el suelo no influyan negativamente en la toma de muestras.

3.1.3. Métodos

Los métodos utilizados en la presente investigación fueron los siguientes:

- **Método de Walkley y Black:** Basado 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:** Consistió en la extracción total de los árboles de aliso, 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.

3.1.4 Técnicas e instrumentos

- Fichas de colecta de información
- Entrevistas directas: Realizada con el fin de confirmar la edad de las plantaciones de aliso (*Alnus acuminata* Kunth) Y enriquecer algunos datos.

PROCEDIMIENTO

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 de áreas con plantaciones de aliso en el anexo de Ocol del distrito de Molinopampa: El área seleccionada cuenta con un sistema silvopastoril con distribución en potrero, donde las plantaciones de aliso 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 de aliso, pasto natural 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.

Trabajo de campo

- a. 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.
- b. 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 planta de aliso que va a ser derribada, por lo que se abrieron calicatas de 0.50 m de profundidad. De manera general, se definieron horizontes entre 0 – 10 cm, 10 – 20 cm.

- Para las muestras de pasto:

Para el muestreo de pasto se tuvo en cuenta la distancia de un metro de la base del aliso; en donde se trazó un cuadrante de un metro cuadrado, cortando el pasto natural a nivel del suelo; obteniendo un peso total de pasto fresco en todo el cuadrante del cual se tomó una muestra para ser llevada al laboratorio obteniendo un peso fresco y un peso seco.

- Para las muestras de aliso:

Biomasa Arbórea: Se usó la metodología desarrollada por el ICRAF. (Arévalo, et. al., 2003).

Se midió la altura (H) y diámetro a la altura del pecho (DAP) de los árboles vivos. Si hubiese ramificado por debajo de 1,3 m. se medirá su diámetro a esa altura.

Se derribaron 12 alisos de los cuales se extrajeron rodajas de 5cm, cada rodaja de cada sección de dos metros midiendo el diámetro inicial y final de las secciones.

Para ramas primarias y secundarias: Una vez derribado el árbol, se procede a separar las ramas del tronco para seleccionar muestras de ramas primarias y secundarias; de las ramas primarias se pesó el total,

del cual se tomó una muestra para ser llevadas a laboratorio; el mismo procedimiento se repite para las ramas secundarias.

- Para las muestras de hojarasca:

La hojarasca se cuantificó en base a la capa de mantillo y otros materiales muertos procedentes de los diferentes estratos del sistema silvopastoril que se encuentran bajo el árbol de aliso que ha sido tomado como muestra. (Ramillas, ramas, hojas, flores). Dentro de cuadrantes de 1 x 1 m. En ellos se pesó la hojarasca acumulada, para después tomar una sub muestra (peso fresco) y enviar a la estufa hasta que alcanzar el peso seco constante a una temperatura de 75°C.

Las muestras tomadas en campo fueron recolectadas en costales, cada una bien codificadas: Nombre del lugar, N° de muestra, hora y fecha.

Las muestras tomadas serán transportadas al Laboratorio de Investigación de Suelos y Aguas del Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES) de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, para los respectivos análisis.

3.1.5. 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).

TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS

- **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 del aliso (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**

$$CB \text{ (Tn/ha)} = BST * 0,42$$

Donde:

CB = Carbono en la Biomasa aérea.

BST = Biomasa seca aerea total.

0.42 =Factor de conversion.

- **Biomasa herbácea.**

Para lo cual se utilizó la siguiente ecuación:

$$BH \text{ (Tm/ha)} = ((PSM/PFM)*PFT)*0,01$$

Donde:

BH = Biomasa herbácea.

PSM = Peso seco de la muestra colectada (kg)

PFM = Peso fresco de la muestra colectada (kg)

PFT = Peso fresco total por metro cuadrado (kg).

0,01 = Factor de conversion.

- **Biomasa de hojarasca.**

Se utilizó la siguiente ecuación:

$$Bh (Tm/ha) = ((PSM/PFM)*PFT)*0,01$$

Donde:

Bh = Biomasa de la hojarasca.

PSM = Peso seco de la muestra colectada (kg).

PFM = Peso fresco de la muestra colectada (kg).

PFT = Peso fresco total por metro cuadrado (kg).

0,01 =Factor de conversión.

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

$$BVT (Tm/ha) = BA + BHA + Bh$$

Donde:

BVT = Biomasa vegetal total. (Tm/ha)

BA = Biomasa arbórea.

BH = Biomasa herbácea.

Bh = Biomasa de hojarasca.

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

Se obtiene multiplicando la biomasa vegetal total por el factor de conversión encontrados en la presente investigación de 0.42, las cuales se tiene como resultado 3.95Tn/ha

IV. RESULTADOS

PRODUCCIÓN DE BIOMASA AÉREA TOTAL

En la tabla 01 se presentan los datos obtenidos en campo, los cuales fueron utilizados para determinar el contenido de biomasa, su evaluación mediante un análisis descriptivo y su estimación por medio de la generación de modelos alométricos.

Tabla N° 01: Mediciones en campo y producción de biomasa aérea total de los árboles de Aliso (*Alnus acuminata* Kunth.) en el anexo Ocol, distrito de Molinopampa.

N° Aliso	DAP(cm)	Altura (m)	Biomasa Seca en Kg				Biomasa seca total (Kg) (a+b+c+d)	Carbono = BS*0.5
			Hojas (a)	Ramas primarias (b)	Rama secundaria (c)	Fuste (d)		
1	53.4	18.2	26.55	13.19	13.84	72.24	125.83	62.91
2	65	20.2	32.63	23.10	17.88	92.48	166.08	83.04
3	33.8	12.5	13.13	7.14	3.03	50.17	73.47	36.74
4	55.1	18.7	29.49	14.06	16.89	77.62	138.06	69.03
5	37.9	14.4	5.54	5.20	3.37	58.59	72.70	36.35
6	27.6	10.5	6.64	2.27	1.75	20.96	31.62	15.81
7	30.5	12.16	11.97	10.55	4.41	22.29	49.21	24.61
8	38	15	14.27	12.99	7.98	32.22	67.46	33.73
9	42	15.27	12.37	11.04	4.54	30.85	58.79	29.40
10	48.3	16	18.38	17.02	12.34	38.22	85.96	42.98
11	36	13.25	12.11	10.68	6.67	28.88	58.35	29.17
12	52.4	16.2	16.57	14.83	8.48	34.48	74.36	37.18
Promedio	43.33	15.20	16.60	11.80	8.40	46.60	83.49	41.75

Fuente: Elaboración propia, 2017.

En la figura 03 se encontró que los alisos con un promedio de DAP de 65 cm presentaron la mayor producción de biomasa en promedio (166.08 kg), seguido de los árboles con un 55.10 cm de DAP (138.06kg) en promedio, de acuerdo con los resultados anteriores, se observa que el diámetro influye directamente en la cantidad de biomasa aportada en el sistema.

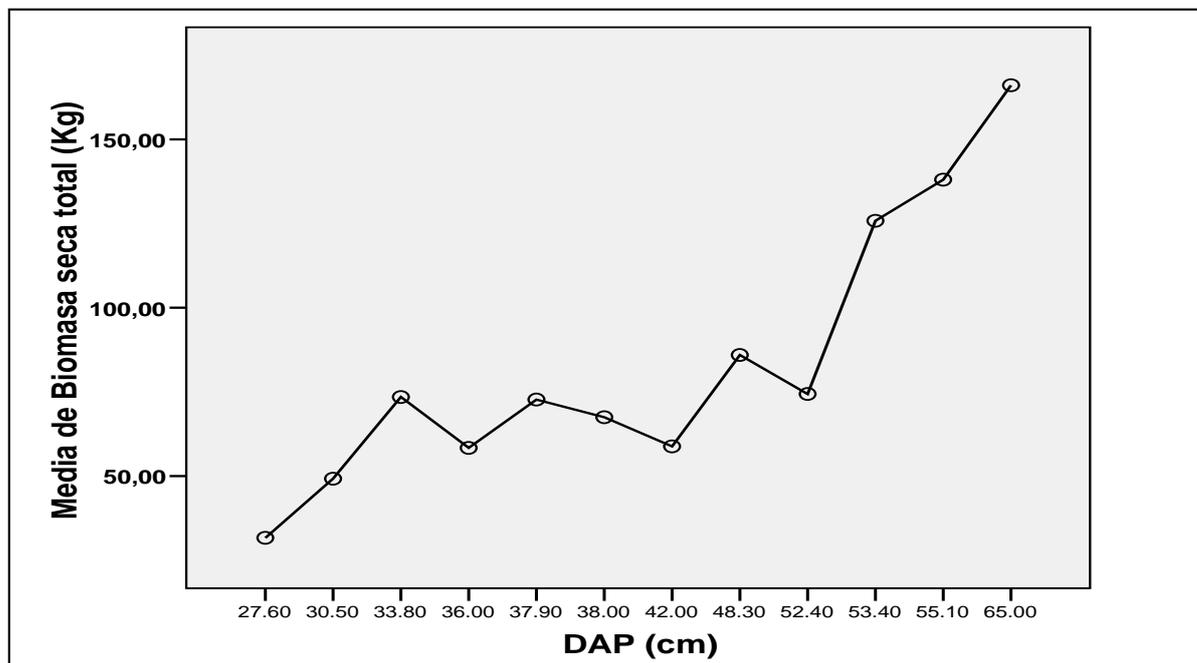


Figura N° 03: Producción de biomasa seca de aliso (*Alnus acuminata* Kunth) en función al DAP

Cálculo de Biomasa y carbono en el componente aéreo

- **Biomasa y carbono arbóreo.**

N° de Alisos	Biomasa en Aliso kg.	Biomasa (kg)/totales de arboles	Biomasa kg/ha	Biomasa tn/ha
12	83.49	15,863.13	9,454.54	9.45

Se obtuvo una biomasa de 9.45 tn/ha

N° de Alisos	Carbono en aliso Kg.	Carbono (kg) /totales de arboles	Carbono kg/ha	Carbono tn/ha
12	41.75	7,931.56	4,727.27	4.72

Se obtuvo de 4.72 tn/ha de carbono

CÁLCULO DE BIOMASA HERBÁCEA

En la tabla 02 se presentan los datos obtenidos en campo, los cuales fueron utilizados para determinar el contenido de biomasa herbácea (pasto) y su evaluación mediante un análisis descriptivo.

Tabla N° 02: Mediciones en campo y producción de biomasa herbácea del sistema silvopastoril con aliso (*Alnus acuminata* Kunth) en el anexo Ocol, distrito de Molinopampa.

Aliso	Peso Seco	Peso Húmedo	Peso húmedo total por metro cuadrado	Biomasa herbácea
1	97.60	299.00	570.40	1.86
2	63.00	115.20	218.80	1.20
3	68.40	99.10	268.80	1.86
4	44.70	87.00	177.60	0.91
5	28.60	65.00	221.80	0.98
6	83.00	178.00	260.00	1.21
7	72.40	154.00	339.80	1.60
8	92.70	256.80	453.90	1.64
9	68.40	117.90	281.10	1.63
10	51.10	76.90	170.80	1.13
11	50.10	88.00	184.70	1.05
12	71.00	157.00	377.00	1.70
Promedio	65.92	141.16	293.73	1.37

Fuente: Elaboración propia, 2017.

- **Biomasa herbácea:**

1m ²	Biomasa gr/ha	tn/ha
1.37160679	13,977.3	0.0139773

Se obtuvo una biomasa herbácea de 0.0140 tn/ha

CÁLCULO DE LA BIOMASA EN HOJARASCA

En la **Tabla 03**. Se presentan los datos obtenidos en campo, los cuales fueron utilizados para determinar el contenido de biomasa en hojarasca, su evaluación mediante un análisis descriptivo.

Tabla N° 03: Mediciones en campo y producción de Biomasa en hojarasca en el sistema silvopastoril con aliso (*Alnus acuminata* Kunth) en el anexo Ocol, distrito de Molinopampa.

Aliso	Peso seco	Peso húmedo	Peso húmedo total por metro cuadrado	Biomasa hojarasca
1	127.10	135.90	177.30	0.66
2	165.80	176.20	183.60	0.69
3	179.30	186.70	217.70	0.85
4	120	122.60	125.80	0.49
5	115	229.60	446.20	0.89
6	104	114.80	159.50	0.58
7	150.20	152.70	159.30	0.63
8	128.30	315.20	448.70	0.73
9	107	107.80	116.60	0.46
10	103.40	112.10	117.10	0.43
11	65.30	68.30	88.60	0.34
12	83	116.50	166.50	0.47
Promedio	120.70	153.20	200.58	0.60

Fuente: Elaboración propia, 2017

- Biomasa en hojarasca**

Biomasa en un m ²	biomasa gr/ha	Biomasa tn/ha
0.602	602	0.00602

Se obtuvo una biomasa en hojarasca de 0.00602 tn/ha.

BIOMASA VEGETAL TOTAL

Sumando la biomasa arbórea, herbácea y hojarasca se tiene 9.47 tn/ha.

CARBONO EN LA BIOMASA VEGETAL TOTAL

Se obtiene multiplicando la biomasa vegetal total con el factor de conversión encontrada en la presente investigación de 0.42 de las cuales se tiene como resultado 3.95 tn/ha.

PORCENTAJE DE LA BIOMASA ARBÓREA, HERBÁCEA Y HOJARASCA EN LA BIOMASA VEGETAL TOTAL

En la Figura N° 04 se encontró que casi el 100% de la biomasa vegetal total aporta la biomasa arbórea con un con un 99.79% (9.45 tn/ha).

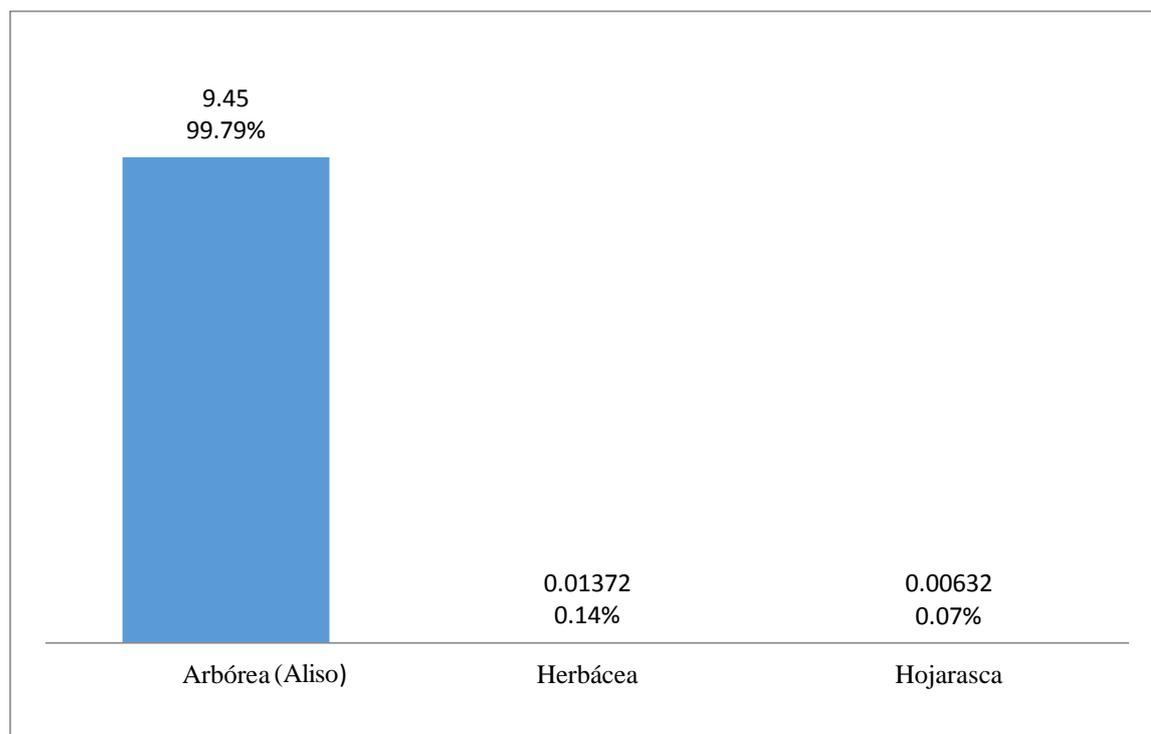


Figura N° 04 Porcentaje de biomasa arbórea, herbácea y hojarasca en la biomasa vegetal total.

Determinación de biomasa arbórea y carbono almacenado en aliso (*Alnus acuminata* Kunth.)

En la siguiente figura se presenta la distribución de biomasa seca y carbono almacenado en los diferentes componentes.

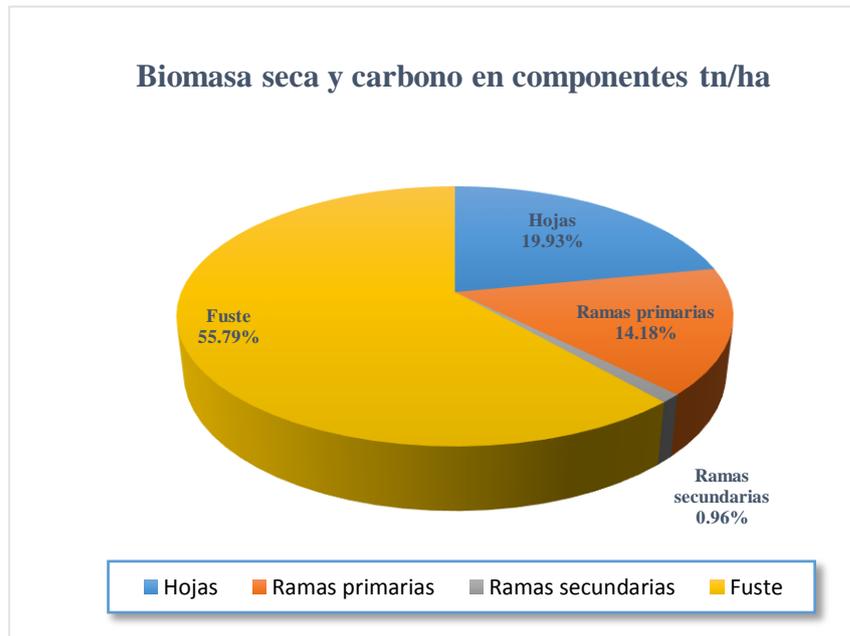


Figura N° 05: Biomasa arbórea y carbono almacenado en aliso (*Alnus acuminata* Kunth.).

En la anterior figura se puede observar que el fuste representa el mayor aporte de biomasa seca y carbono con un 55.79% de la biomasa seca aérea total, siguiendo en orden las ramas (24.28%), y hojas (19.93%)

El contenido de biomasa aérea almacenada total de en alisos fue de 9.45 tn/ha, y contenido de carbono almacenado total de 4.72 tn/ha.

CANTIDAD DE CARBONO EN LOS SUELOS

En la tabla N° 04. EL carbono en los suelos con presencia de aliso (*Alnus acuminata* Kunth) es elevado, con un alto porcentaje de materia orgánica debido a la acumulación de hojas y ramas que están en proceso de descomposición e indican alta fertilidad en el suelo.

Tabla N° 04 Carbono en el suelo, en profundidades de 0-10 y de 10-20 cm de profundidad en cada ejemplar de aliso (*Alnus acuminata* Kunth) colectados en el estudio.

Calicatas	%C	C gr	%M,O	MO gr.
1	0,415	0.002075	0,705	0.003525
2	0,47	0.00235	0,81	0.00405
3	1,64	0.0082	2,83	0.01415
4	0,595	0.002975	1,03	0.00515
5	0,555	0.002775	0,955	0.004775
6	0,88	0.0044	1,52	0.0076
7	1,005	0.005025	1,73	0.00865
8	1,09	0.00545	1,875	0.009375
9	0,555	0.002775	0,955	0.004775
10	1,805	0.009025	3,11	0.01555
11	0,865	0.004325	1,485	0.007425
12	1,57	0.00785	2,71	0.01355
Promedio	0,95375	0.00476875	1,64291667	0.00821458

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

• CÁLCULO DE CARBONO EN EL SUELO

Carbono gr/metro ²	Carbono en el área de estudio 1.67 ha (gr)	Carbono tn/1.67 ha	Carbono tn/ha
0.00476875	80.54	0.008054	0.005034

Se obtuvo 0.005034 tn/ha de carbono en el suelo.

En el Figura N° 06. Existe correlación altamente significativa entre el porcentaje de carbono y el porcentaje de materia orgánica, utilizando una correlación de $r = 0,999$. El porcentaje de carbono orgánico se vincula con la cantidad y disponibilidad de nutrientes en el suelo, además la materia orgánica del suelo proporciona coloides de alta capacidad de intercambio catiónico.

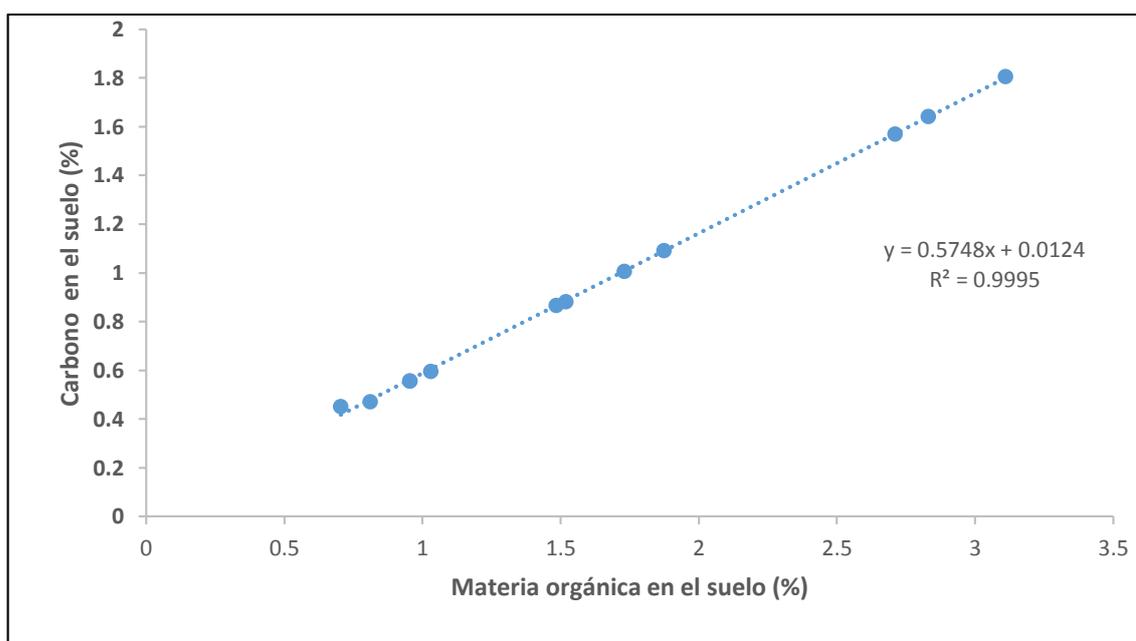


Figura N° 06: Porcentaje de materia orgánica en el suelo.

Fuente: Análisis de datos obtenidos en LABISAG de la Untrm, 2017.

ECUACIONES ALOMÉTRICAS

El tamaño muestral de árboles utilizados para la construcción de las ecuaciones alométricas de aliso (*Alnus acuminata* Kunth) en plantaciones de 6 años fue de 12 individuos. Se evaluaron 2 variables: DAP: Diámetro a la altura de pecho, HT: Altura total.

Se puede observar en la tabla N° 05 que las características del DAP de los árboles oscilan entre 27,6 cm a 72 cm y la altura total del aliso oscila entre 12.00 m a 28.00 m.

También se puede observar que los alisos tienen un DAP promedio de 43.33 cm con un coeficiente de variación de 29.33%, y una altura total promedio de 15.20 m con un coeficiente de variación de 27.25% lo que indica que la muestra de alisos es homogénea ya que los coeficientes de variación son menores al 30%.

Tabla N° 05: Estadística descriptiva de las variables consideradas en la medición de los árboles individuales de aliso (*Alnus acuminata* Kunth)

Variables	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Coefficiente de variación (%)
DAP (cm)	12	27.60	72.00	42.7200	12.53000	29.33
Altura (m)	12	12.00	28.00	16.1100	4.39000	27.25

Fuente Tabla N°01

Se puede observar en la tabla N° 06 que el DAP, la altura y la biomasa seca total según la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov siguen una distribución normal ya que el P-valor es mayor al 0.05.

Tabla N° 06: Prueba de normalidad de las variables independientes DAP (cm), altura (m) y la variable dependiente biomasa seca total (kg)

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra				
		DAP (cm)	Altura (m)	Biomasa seca total (kg)
N		12	12	12
Parámetros normales	Media	42.71	16.11	83.49
	Desviación típica	12.53	4.39	39.61
Diferencias más extremas	Absoluta	0.230	0.194	0.258
	Positiva	0.230	0.194	0.258
	Negativa	-0.114	-0.175	-0.110
Z de Kolmogorov-Smirnov		0.797	0.673	0.893
Sig. Asintót. (bilateral)		.549	.756	.402

Modelo alométrico

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

En la Figura N° 07 y Tabla N° 07, se aprecia una relación lineal directa entre el DAP y la biomasa seca total, esto quiere decir que a mayores valores de DAP existen mayores valores de biomasa seca total, lo que se corrobora con el coeficiente de correlación de Pearson con un valor de 0.954.

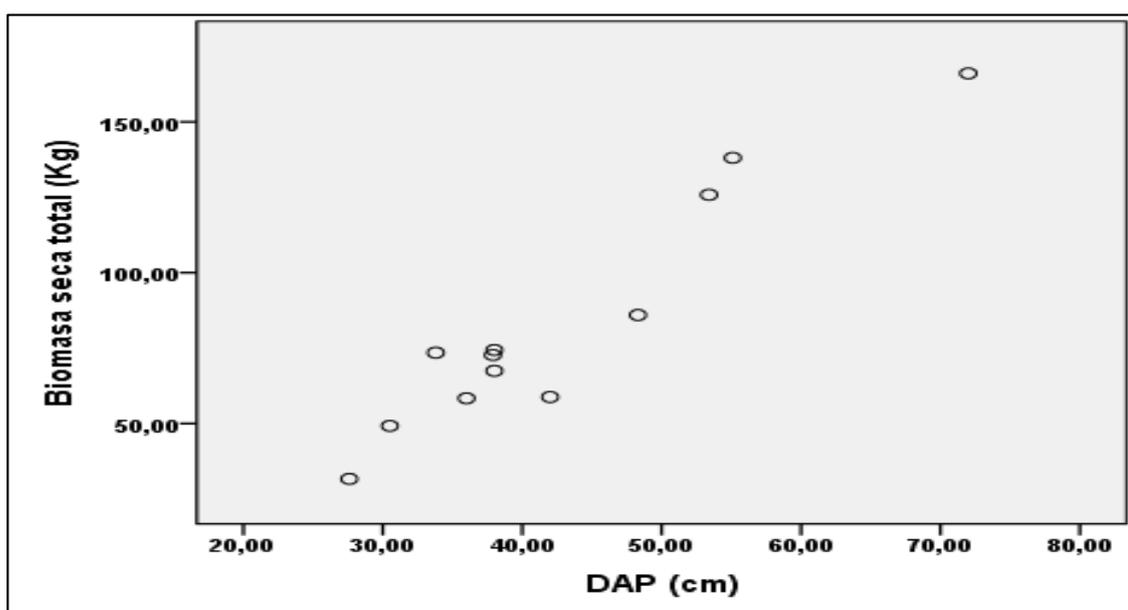


Figura N° 07: Relación entre el DAP y la biomasa seca total

Tabla N° 07: Análisis de Correlación de Pearson entre el DAP y la biomasa seca total

Variables		DAP (cm)	Biomasa seca total (Kg)
DAP (cm)	Correlación de Pearson	1	0.954**
	Sig. (bilateral)		0.000
	N	12	12
Biomasa seca total (Kg)	Correlación de Pearson	0.954**	1
	Sig. (bilateral)	0.000	
	N	12	12

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

En la Tabla N° 08. Muestra que el modelo más sencillo para aliso (*Alnus acuminata* Kunth) es el modelo lineal, el cual considera solo al DAP como una de las variables de más fácil medición y mayor precisión que la altura.

Tabla N° 08: Estadísticos de ajuste de los modelos probados para la estimación de biomasa total para aliso (*Alnus acuminata* Kunth)

Tipo de ecuación	Ecuación alométrica	R ²
Ecuación Logarítmica	$C_{(kg)} = -68.671 * \ln(DAP) - 213.64$	0.893
Ecuación lineal simple(*)	$C_{(kg)} = -22.695 + 1.5085 * DAP$	0.911
Ecuación exponencial	$C_{(kg)} = 9.0012 * e^{0.0336 * DAP}$	0.832
Ecuación potencia	$C_{(kg)} = 0.1046 * DAP^{1.5841}$	0.087
Ecuación Cuadrática(*)	$C_{(kg)} = -27.246 + 1.7097 * DAP - 0.0021 * DAP^2$	0.911

(*) Las ecuaciones que más se ajustan para estimar la cantidad carbono en aliso (*Alnus acuminata* Kunth) por individuo en una determinada área en el distrito de Molinopampa son $C_{(kg)} = -22.695 + 1.5085 * DAP$ y $C_{(kg)} = -27.246 + 1.7097 * DAP - 0.0021 * DAP^2$, ya que tiene el mismo coeficiente de determinación y aportan el mismo valor al modelo, pero por ser la ecuación $C_{(kg)} = -22.695 + 1.5085 * DAP$ de más fácil resolución, vamos a considerarla para nuestro modelo alométrico, esta ecuación tiene al DAP como variable regresora (independiente) presentando un coeficiente de determinación del 0.911 lo que indica que el DAP expresa la cantidad de carbono en un 91.1% cuyo valor tiene un nivel de confianza aceptable

En la Figura N° 08: Se aprecia la relación del DAP con relación a la cantidad de carbono, observándose la curva de la ecuación $C_{(kg)} = -22.695 + 1.5085 * DAP$, la cual presenta una relación lineal.

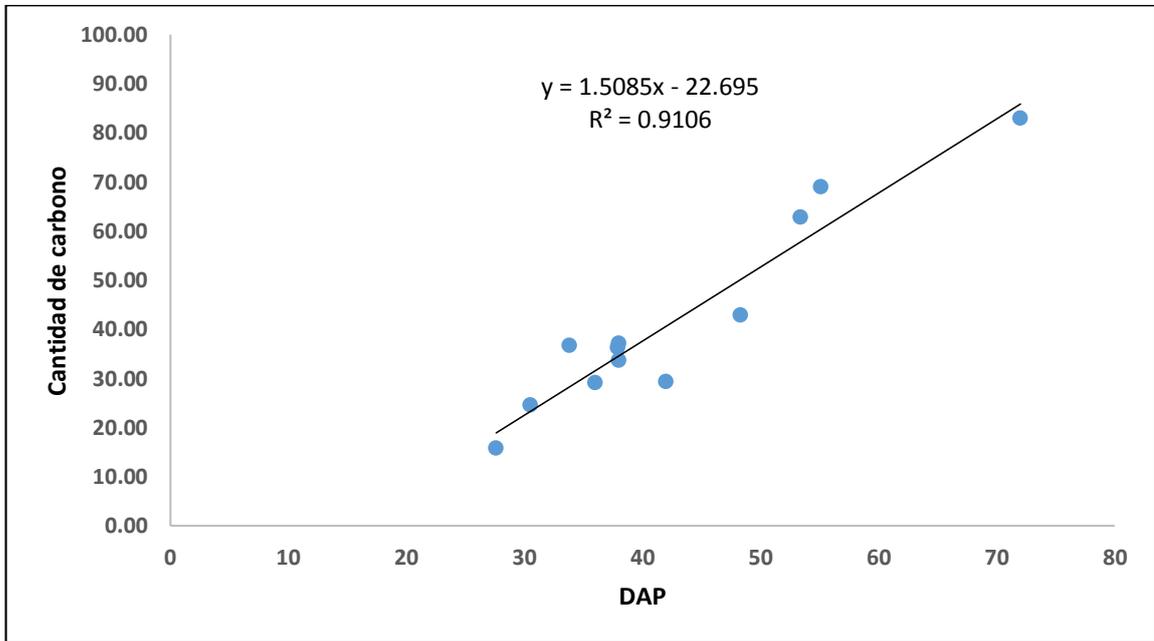


Figura N° 08: Relación lineal entre el DAP y la cantidad de carbono.

La ecuación que incluye la variable altura no ha sido considerada ya que si evaluamos el estimador para la altura observamos que no es significativa con un valor de P de 0.652 mayor a 0.05, por lo que no se incluye en el modelo alométrico.

Tabla N° 09: Evaluación de los estimadores para el DAP y la altura para determinar la cantidad de carbono

Coefficientes^a

Modelo-	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	P-valor
	B	Error típ.	Beta		
(Constante)	-42.908	14.807		-2.898	0.018
1 DAP (cm)	3.356	0.790	1.061	4.249	0.002
Altura (m)	-1.052	2.255	-0.117	-0.467	0.652

a. Variable dependiente: Biomasa seca total (Kg)

De la Tabla N° 09: P-valor para la altura es de 0.652 mayor a 0.05 por lo que no se considera en el modelo ya que no influye significativamente en la cantidad de carbono.

CARBONO TOTAL EN EL SISTEMA SILVOPASTORIL CON ALISO (*Alnus acuminata* Kunth)

CT = Carbono en la biomasa vegetal total + Carbono total en suelo

$$CT = 3.955 \text{ tn/ha}$$

V. DISCUSIÓN

En este estudio sobre captura de carbono en un sistema silvopastoril con aliso (*Alnus acuminata* Kunth), el (DAP) influye directamente en la cantidad de biomasa aportada para cada sistema y por su fácil medición en campo es la variable que mejor se relaciona con la producción de biomasa. (Acosta, J. y Tupaz, F. 2007). Al igual que los datos en este estudio, se encontró que los alisos con DAP de 65 cm presentaron la mayor producción de biomasa (166.08 kg), seguido de los árboles con 55.10 cm de DAP (138.06kg) observando así que el diámetro influye directamente en la cantidad de biomasa aportada para el sistema.

En este estudio se determinó la concentración de carbono en la biomasa vegetal con total de 3.95 tn/ha y carbono en el suelo 0.005030 tn/ha estimándose un total de carbono en el sistema de 3.955 tn/ observando que la concentración de carbono en el aliso está relacionado con el DAP que se encuentra en un promedio de 27.6 – 55.00 cm y una altura 12-18.7 m, por lo que la concentración de carbono es mayor a las estimadas por Acosta y Tupaz. (2007) en dos sistemas silvopastoriles al obtener 0.323 tn/ha para árboles dispersos y 1.20 tn/ha de carbono en cultivo en callejones. Por otra parte, estos valores fueron inferiores a los determinados por Fuentes, S. y Garcia, 2012 en la especie *Myrcia* sp y *manilkara* sp en Poblayacu, Moyobamba.

Los paisajes ganaderos estudiados en Colombia, Costa Rica y Nicaragua muestran que en cada uno de los paisajes analizados, las pasturas no están aportando significativamente al secuestro de carbono, mientras que las pasturas mejoradas con árboles son usos de la tierra con mayor potencial para

secuestro de carbono (Muhammad, I. et al., 2007). En el anexo de Ocol se observa un sistema silvopastoril con distribución en potrero, el cual muestra mayores potenciales aportando de manera significativa en el secuestro de carbono ya que esta presenta pasturas naturales asociadas arboles de aliso.

En el artículo presentado por (Lapeyre, T., Alegre, J, 2004), manifiestan que los sistemas de bosques evaluados: bosques primarios de 50 años y bosques secundarios de 20 años, presentan los contenidos más altos de captura de carbono. Los bosques menos intervenidos presentan mayor cantidad de carbono. El nivel de carbono en todos los sistemas agrícolas y agroforestales es más bajo que el de los bosques naturales. El nivel de carbono en biomasa aérea de los sistemas agroforestales evaluados (café - guaba, cacao) son más altos que los sistemas agrícolas y los de pastos manejados, teniendo en cuenta esto y los beneficios ambientales de estos tipos de sistemas es recomendable utilizarlos en áreas degradadas. Los sistemas agroforestales, al combinar los cultivos o frutales con especies forestales, incrementan sus niveles de captura de Carbono, mejorando además su productividad. Al comparar los arreglos agroforestales del departamento de San Martín y el sistema silvopastoriles con arreglo en potrero, se deduce que las concentraciones de carbono en sistemas agroforestales son mayores que las concentraciones estimadas en el sistema silvopastoril debido a la mayor concentración de carbono obtenida por la hojarasca.

De los datos obtenidos en el sistema silvopastoril con aliso (*Alnus acuminata* kunth), de la biomasa arbórea el fuste fue el de mayor aporte con un 55,79% del total de biomasa, esto es debido a la acumulación de materia orgánica en suelo, que al descomponerse es absorbido por las raíces almacenándose en su mayoría

en tallo del árbol, a su vez el fuste es el de mayor peso a diferencia de sus otros componentes.

La investigación realizada por Fuentes, S. y García (2012), en donde al realizar el inventario biométrico, el DAP y altura de las especies *Myrcia sp.* y *Manilkara sp.*, se observó que en ambas especies existen variaciones por ser un bosque de regeneración natural en distinto relieve geográfico; pues el DAP de *Manilkara sp.* estuvo comprendido entre 10.3cm y 36.2cm y una altura total entre 7.14m y 16.22m, estos resultados son menores con los datos obtenidos en nuestra investigación en la especie de aliso (*Alnus acuminata kunth*), tal es el caso que el DAP oscila entre 27.60cm a 55cm y una altura entre 12m y 18.7m, estas diferencias significativas en el DAP y la altura, estarían determinadas por las propiedades físico-químicas del suelo, clima, edad de las especies estudiadas. Asimismo en la investigación citada se puede apreciar que la cantidad de carbono almacenado entre las dos especies forestales, en el primer sector, se encontró que la especie *Myrcia sp.* alcanzó un total de carbono de 8.16 tn/ha, mientras que la especie *Manilkara sp.* presentó un total de carbono capturado de 25.89 tn/ha; y en el sector dos, la especie *Manilkara sp.* registró un total de 26.21 tn/ha de carbono capturado, y para la especie *Myrcia sp.* el total de carbono capturado fue de 5.67 tn/ha, éstas diferencias se dan por ser un bosque de regeneración natural, no presentan características similares respecto al DAP y relieve terrestre. Los resultados obtenidos fueron menores en la localidad de ocol la especie (*Alnus acuminata kunth*) con un área menor, en cuanto a la biomasa vegetal se obtuvo 3.95 t/ha y carbono en el suelo 0.005034 t/ha, encontrando 3.955 tn/ha de carbono en el sistema silvopastoril.

La investigación realizada por Hidalgo, P. (2003), expresa que los contenidos de carbono orgánico más altos en el sistema estudiado fueron encontrados en la biomasa arbórea y en el suelo, estos resultados guardan relación con la investigación que hemos realizado en la biomasa arbórea ya que con un 9,45 t/h, se considera que es la que presenta mayor cantidad de concentración de carbono en el sistema silvopastoril; así mismo consideramos que las reservas de carbono almacenadas en los sistemas forestales de uso de la tierra dependen en general de la especie, de la edad de la vegetación arbórea, de la estratificación del bosque, del manejo silvocultural, del número, calidad y tipo de intervenciones, de las características climáticas y de la calidad del suelo.

En el distrito de Molinopampa, 6 especies de (*pinus patula*) en un sistema silvopastoril se encuentra la mayor cantidad de biomasa en el fuste, que presentó 71.6% en promedio. Culqui, L. (2015), en nuestra investigación se trabajó con un área menor pero el resultado de la biomasa en el fuste es significativo ya que obtuvimos 55.79 % del total de biomasa aérea, Culqui (2015) encontró que el segundo componente con mayor cantidad de biomasa fue en las ramas con 15% del total, en nuestra investigación obtuvimos 10.10 % para las ramas secundarias y 14.18 % para las ramas primarias. La investigación concuerda con el método utilizado para la obtención de carbono y a su vez presentan las mismas condiciones climáticas, tipo de suelo, por ser la misma localidad donde se desarrolló el investigación.

VI. CONCLUSIONES

- La cantidad de biomasa estimados en los diferentes componentes del sistema silvopastoril de estudio son: Aéreo 9.45 tn/ha, 4.72 tn/ha de carbono, biomasa arbustiva: 0.0140 tn/ha y una biomasa en hojarasca: 0.00602 tn/ha. La distribución de carbono almacenado en los componentes: hojas 0.95 tn/ha (19.93%), ramas primarias 0.67 tn/ha (14.18%), ramas secundarias 0.8 tn/ha (10.10 %) y el fuste 2.65 tn/ha (55.79%). La biomasa vegetal total en el aliso, es 9.47 tn/ha y 0.005034 tn/ha de carbono en el suelo.
- El modelo matemático que describe el comportamiento de carbono en el aliso queda definido por la ecuación alométrica $\text{kgC} = -22.695 + 1.5085 * \text{DAP}$, esta ecuación tiene el DAP como variable regresora (independiente) y presenta un coeficiente de determinación del 0.911. Cuyo valor tiene un nivel de confianza aceptable.
- El 91 % de la variación de carbono se debe al DAP quedando un 8.9 % restante que se debe a otras variables que han podido intervenir en el estudio como (especie, edad, sistema de siembra entre otras).
- La concentración de carbono estimada en el sistema silvopastoril de estudio con aliso, fue determinada por el carbono en la biomasa vegetal total más el carbono total en el suelo, cuyo valor encontrado fue de 3.955 tn/ha en el área de estudio, de un sistema silvopastoril con distribución en potrero del anexo Ocol, distrito de Molinopampa, provincia de Chachapoyas.

VII. RECOMENDACIONES

- La determinación de concentración de carbono en un sistema silvopastoril, permite minimizar la contaminación ambiental por lo que es importante que esta investigación se considere para desarrollar investigaciones con mayor cantidad de especies, áreas más extensas, diferentes condiciones edáficas y climáticas, en las que se evalúe la misma especie.
- Realizar investigaciones de captura de carbono evaluando variables como, sistema de siembra, edad, clima densidad y otras que puedan intervenir significativamente en la concentración de carbono esperado.
- Considerar la presente investigación para establecer sistemas silvopastoriles ya que el mejoramiento de pasturas y el aumento de cobertura boscosa asociado a pastos contribuye a que los sistemas presenten un alto potencial de secuestro de carbono

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, J. y Tupaz, F. (2007), “Cuantificación de la captura de carbono por la biomasa aérea de aliso (*alnus jorullensis* H.B.K.) en dos arreglos agroforestales de la granja experimental botana Universidad de Nariño, Municipio de Pasto, departamento de Nariño”, Universidad de Nariño- Facultad de Ciencias Agrícolas- Colombia. P 23-34.
- AFOLU, (2005). Estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero por la quema de biomasa. Departamento de Ciencias Forestales, Pastizales e Incendios Universidad de Idaho. Moscow, Idaho, Estados Unidos
- Agüero & Zoot, G. (2009). Sistema Silvopastoril: Una estrategia de producción para ecosistemas del noa. Fac. De Agronomía y Zootecnia, UNTucumán. Argentina.
- Alegre, et. al., (2002). Reservas de carbono con diferentes sistemas de uso de la tierra en dos sitios de la amazonia peruana. ICRAF/INIA. Perú.90 Pp
- Bolin, et al., (1986), investigación “Emisiones de gases de efecto invernadero”.
- Botero y Andrade (2008). Huella de carbono en los sistemas de producción agrícola dominantes en el Municipio de Falán, Tolima. Colombia.
- Casanova-Lugo, F., Petit-Aldana, J., & Solorio-Sánche, J. (2011). Los sistemas agroforestales como alternativa a la captura de carbono en el trópico mexicano. Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente, 17(1), 133-143.

- Carvajal, et al., (2007). Investigación sobre la absorción de CO_2 por los cultivos más representativos de la Región de Murcia. CEBAS- CEBAS-Consejo Superior de Investigaciones Científicas 30100-Espinardo, (Murcia), España.
- Cruz, J. y Cols (2011). Química General. UAS-DGEP. México. Editorial Once Rios.
- Culqui, L. (2015), investigación titulada: “Determinación de la reserva de carbono en un sistema Silvopastoril compuesto por Pino Patula (*Pinus patula*) y herbáceas nativas”, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas- Perú. P 34, 35.
- Forero, L et. al. (2006). Proyecto restauración y protección de agroecosistemas estratégicos en la captura de carbono en la Cuenca alta del río Pasto. Empopasto, Alcaldía de pasto- Secretaria del medio ambiente y Vicerrectoria de Postgrado e investigación- VIPRI, Universidad de Nariño. Pasto, Nariño - Colombia. P 117.
- Fuentes, S. y García, (2012), investigación titulada “Evaluación de la captura de carbono en las especies forestales *Manilkara* sp. “Quinilla” y *Myrcia* sp. “Rupiña” -Centro de producción investigación Pabloyacu, Moyobamba- San Martín- Perú. P 24
- Gamarra, O. et al., (2013), investigación denominado “Determinación de carbono en los páramos de pajonal de las microcuencas de las cataratas de Gocta y Chinata, en la cuenca media del río Utcubamba, 2013”- Programa de Biodiversidad y Medio Ambiente INDES- CES- Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas- Perú. P1.
- Gelvez, I. (2008). Efecto del uso del suelo sobre la descomposición de hojarasca y grupos funcionales microbianos (Cuenca del río Vieja Quindío). Pontificia

Universidad Jauriana Facultad de Ciencias, Carrera de Microbiología
Agrícola y Veterinaria. Bogotá D.C.

Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático (IPCC) (2005),
La captación y el almacenamiento de dióxido de carbono. Editorial
Cambridge. Canadá.

Hidalgo, P. (2003), tesis denominada: “Determinación de las reservas totales de
carbono en plantaciones forestales de Eucalyptus globulus L. en Marcará –
Carhuaz, 2003”- Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo-
Huaráz- Perú. P.1-39.

Lapeyre, T., Alegre, J. (2004). Investigación denominada “Determinación de las
reservas de carbono de la biomasa aérea, en diferentes sistemas de uso de la
tierra”-San Martín- Perú. P 43.

Martel, E. (2010). Guía para Promotores Agroforestales en el Valle del Palcazú.
Proyecto Especial Pichis Palcazú. La Merced Perú.

Muhammad, I. et al., (2007), artículo titulado “Almacenamiento de carbono en el
suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes
ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua”. P 27-36.

Ordoñez, J. Captura de Carbono en un bosque templado: el caso de San Juan Nuevo,
Michoacán. México DF: Instituto Nacional de Ecología, 1999. 120 p.

Ospina Penagos, y otros (2005). Guía silviculturales para el manejo de especies
forestales con miras a la producción de maderas en la zona andina
colombiana. Colombia. P 5-6

- Ramos, R. et al., (2006), investigación denominada “Cuantificación de carbono almacenado en dos sistemas agroforestales evaluados en la sierra ecuatoriana de Quito”- Ecuador. P 1-6.
- Snowdon, et al., (2001). Protocolo para el muestreo de la biomasa de árboles y rodales. Australia, oficina australiana del invernadero. 114 p
- Valenzuela (2001). Estimación de secuestro de carbono en bosques naturales de oyamel (*Abies religiosa*) en el Sur del distrito Federal, Tesis de Licenciatura Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México.
- Viera, y otros, (2008). Diámetro a la altura de pecho, altura comercial, altura total, crecimiento dimétrico.

IX. ANEXOS

ANEXO 01

Ficha de colecta de información para DAP y altura total.

Responsable..... *Fecha:*.....

Hora de inicio: *Hora de finalización:*

Localidad:

Propietario.....

<i>Coordenadas:</i>	<i>Altitud:</i>
---------------------	-----------------

Código de árbol	DAP(cm)	Altura total (m)	Observaciones
A1	53.4	18.2	
A2	65.0	20.2	
A3	33.80	12.5	
A4	51.10	18.7	
A5	37.9	14.4	
A6	27.6	10.5	
A7	30.5	12.16	
A8	38	15	
A9	42	15.27	
A10	48.3	16	
A11	36	13.25	
A12	52.4	16.2	

ANEXO 02

Ficha de colecta de información de apeo de aliso

Datos del fuste						
Código de sección	Peso (Kg)	Diám. Inferior (cm)	Diám. Superior (cm)	Largo (m)	Peso de Sección 5 cm (Kg)	Observaciones
A1-T1	57.20	57	84	2	2,414	
A1-T2	35.50	58	54	2	0.559	
A1-T3	30.50	53	49	2	0.595	
A1-T4	23.85	49	45	2	0.658	
A1-T5	18.95	44.5	37	2	0.423	
A1-T6	11.60	35.5	28	2	0.361	
A2-T1	47.5	81	48.5	2	2,351	
A2-T2	25.4	47.5	44	2	0.764	
A2-T3	17.9	40.5	32	2	0.301	
A2-T4	8.75	31	20.5	2	0.148	
A2-T5	4.15	19	13.5	2	0.42	
A3-T1	19.90	35.5	54.5	2	0.466	
A3-T2	11.3	27	34.5	2	0.297	
A3-T3	7.7	24	27	2	0.123	
A3-T4	5.1	13.5	23	2	0.89	
A4-T1	36.4	66	53	2	0.482	
A4-T2	29.0	53	50.5	2	0.254	
A4-T3	25.0	50	40	2	0.83	
A4-T4	11.9	43	23.5	2	0.64	
A4-T5	5.05	23	18	2	0.46	
A5-T1	23.33	57	46	2	1,125	
A5-T2	21.61	46	40	2	0.641	

A5-T3	17.82	40	38	2	0.494	
A5-T4	15	38	33	2	0.414	
A5-T5	11.88	33	27	2	0.331	
A5-T6	7.71	27	22	2	0.187	
A5-T7	4.33	22	15	2	0.135	
A6-T1	21.66	59	37.2	2	1,137	
A6-T2	13.81	36.6	33.2	2	0.191	
A6-T3	11.2	32.4	27.8	2	0.202	
A6-T4	7.11	28	22.8	2	0.159	
A6-T5	5.8	23	18	2	0.087	
A6-T6	2.9	17.5	11.5	2	0.041	
A7-T1	16	42	34	2	0.475	
A7-T2	11	34	30	2	0.262	
A7-T3	8.5	30	25	2	0.138	
A7-T4	6	25	19	2	0.97	
A7-T5	3.35	18	13	2	0.45	
A8-T1	21.6	39	35	2	0.411	
A8-T2	17	35	32	2	0.202	
A8-T3	14.2	32	28	2	0.129	
A8-T4	11.3	28	22	2	0.103	
A8-T5	7.7	22	15	2	0.103	
A8-T6	4.3	15	7	2	0.83	
A8-T7	1.5	7	5	2	0.29	
A9-T1	29.7	54	44	2	0.634	
A9-T2	22.1	44	41	2	0.274	
A9-T3	19	40.5	36	2	0.281	
A9-T4	13	35.5	29	2	0.194	
A9-T5	8.45	28.5	22	2	0.122	
A9-T6	3.9	22	13	2	0.51	

A9-T7	1.5	13	8	2	0.20	
A10-T1	21.3	52	42	2	0.457	
A10-T2	15.5	42	38	2	0.161	
A10-T3	13.3	38	32	2	0.123	
A10-T4	11.3	32	31	2	0.135	
A10-T5	8.8	31	24	2	0.156	
A10-T6	5.7	24	17	2	0.79	
A10-T7	2.3	16	10	2	0.45	
A11-T1	17.5	43	37	2	0.289	
A11-T2	12.7	36.5	33	2	0.132	
A11-T3	10.9	33	29	2	0.135	
A11-T4	8	28	25	2	0.139	
A11-T5	5.6	24.5	18	2	0.59	
A11-T6	2.5	17.5	8	2	0.44	
A12-T1	39.25	75	54	2	1,225	
A12-T2	29.22	54	50	2	0.477	
A12-T3	25.55	40.09	47.4	2	0.529	
A12-T4	22.55	48	47	2	0.47	
A12-T5	17.88	45	37	2	0.399	
A12-T6	13.85	39	33	2	0.236	
A12-T7	8.88	32	24	2	0.186	
A12-T8	3.91	22	14	2	0.073	

ANEXO 03

Ficha de colecta de información para hojas verdes y secas

	Peso total (kg)	Observaciones
Hojas verdes	21.49	Aliso 1
Hojas Secas	10.70	

	Peso total (kg)	Observaciones
Hojas verdes	38	Aliso 2
Hojas Secas	5.25	

	Peso total (kg)	Observaciones
Hojas verdes	13.6	Aliso 3
Hojas Secas	3.58	

	Peso total (kg)	Observaciones
Hojas verdes	30	Aliso 4
Hojas Secas	10.3	

	Peso total (kg)	Observaciones
Hojas verdes	17.83	Aliso 5
Hojas Secas	1.71	

	Peso total (kg)	Observaciones
Hojas verdes	17.7	Aliso 6
Hojas Secas	1.75	

	Peso total (kg)	Observaciones
Hojas verdes	12.7	Aliso 7
Hojas Secas	8.7	

	Peso total (kg)	Observaciones
Hojas verdes	15.1	Aliso 8
Hojas Secas	4.5	

	Peso total (kg)	Observaciones
Hojas verdes	8.7	Aliso 9
Hojas Secas	1.5	

	Peso total (kg)	Observaciones
Hojas verdes	19	Aliso 10
Hojas Secas	3.8	

	Peso total (kg)	Observaciones
Hojas verdes	15.9	Aliso 11
Hojas Secas	2.5	

	Peso total (kg)	Observaciones
Hojas verdes	21.5	Aliso 12
Hojas Secas	4.9	

ANEXO 04

Ficha de colecta de información para ramas primarias y secundarias

	Peso total (kg)	Observaciones
Ramas primarias	24.25	Aliso 1
Ramas secundarias	11.7	

	Peso total (kg)	Observaciones
Ramas primarias	36.5	Aliso 2
Ramas secundarias	14.51	

	Peso total (kg)	Observaciones
Ramas primarias	13.2	Aliso 3
Ramas secundarias	7.8	

	Peso total (kg)	Observaciones
Ramas primarias	16.9	Aliso 4
Ramas secundarias	19.3	

	Peso total (kg)	Observaciones
Ramas primarias	5.71	Aliso 5
Ramas secundarias	8.7	

	Peso total (kg)	Observaciones
Ramas primarias	9.75	Aliso 6
Ramas secundarias	4	

	Peso total (kg)	Observaciones
Ramas primarias	20.15	Aliso 7
Ramas secundarias	6.46	

	Peso total (kg)	Observaciones
Ramas primarias	20	Aliso 8
Ramas secundarias	12.75	

	Peso total (kg)	Observaciones
Ramas primarias	10.78	Aliso 9
Ramas secundarias	6.55	

	Peso total (kg)	Observaciones
Ramas primarias	41.5	Aliso 10
Ramas secundarias	22.5	

	Peso total (kg)	Observaciones
Ramas primarias	16.47	Aliso 11
Ramas secundarias	12.05	

	Peso total (kg)	Observaciones
Ramas primarias	23.87	Aliso 12
Ramas secundarias	5.77	

ANEXO 05

Ficha de Colecta de Información de Muestras de Suelo

Responsable: *Fecha:*

Localidad:

Propietario:

1	Nº	Profundidad	Peso(gr)	Observaciones
A1	1	0 - 10 cm	156.54	
	2	10- 20 cm	339.42	
A2	1	0 - 10 cm	264.72	
	2	10- 20 cm	310.29	
A3	1	0 - 10 cm	388.24	
	2	10- 20 cm	422.34	
A4	1	0 - 10 cm	271.85	
	2	10- 20 cm	339.42	
A5	1	0 - 10 cm	271.85	
	2	10- 20 cm	366.70	
A6	1	0 - 10 cm	335.86	
	2	10- 20 cm	358.33	
A7	1	0 - 10 cm	317.72	
	2	10- 20 cm	384.21	
A8	1	0 - 10 cm	348.41	
	2	10- 20 cm	375.85	

A9	1	0 - 10 cm	310.13	
	2	10- 20 cm	268.13	
A10	1	0 - 10 cm	382.35	
	2	10- 20 cm	449.00	
A11	1	0 - 10 cm	294.48	
	2	10- 20 cm	383.28	
A12	1	0 - 10 cm	382.35	
	2	10- 20 cm	388.24	

ANEXO 06

Ficha de Colecta de Aliso (*Alnus acuminata* Kunth)

Responsable: Fecha:

Localidad:

Propietario:

Datos de aliso							
Especie	Familia	Lugar de colección	Altitud	Coordenadas	Descripción de la especie	Fecha	Colector
<i>Alnus acuminata</i>	<u>Betulaceae</u>	Anexo - Ocol	2407 msnm				Stacy y Viviana

ANEXO 07

Ficha de Colecta de Información de Secado de Muestras

Responsable:

Fecha de inicio:

Fecha de finalización:

.....

Lugar:

Especificaciones:	T° de secado	
-------------------	--------------	--

Código de muestra	Peso inicial (Kg)	Peso día 01 (Kg)	Peso día 02 (Kg)	Peso día 03 (Kg)	Peso día 04 (Kg)	Peso día 05 (Kg)	Peso día 06 (Kg)	Peso constante (Kg)
A1-1	2,414	1,915	1,617	1,445	1,293	1,241	1,227	1,219
A1-2	0.559	0.512	0.450	0.379	0.339	0.307	0.292	0.280
A1-3	0.595	0.459	0.389	0.346	0.323	0.305	0.296	0.293
A1-4	0.658	0.395	0.375	0.338	0.333	0.328	0.324	0.321
A1-5	0.423	0.335	0.269	0.231	0.206	0.199	0.196	0.197
A1-6	0.361	0.241	0.182	0.169	0.168	0.162	0.161	0.159
A2-1	2,351	1,936	1,692	1,436	1,269	1,198	1,172	1,162
A2-2	0.764	0.734	0.634	0.554	0.413	0.391	0.381	0.376
A2-3	0.301	0.241	0.199	0.178	0.161	0.160	0.159	0.158
A2-4	0.148	0.113	0.84	0.79	0.78	0.77	0.76	0.76
A2-5	0.42	0.25	0.24	0.23	0.22	0.22	0.22	0.22
A3-1	0.466	0.460	0.250	0.226	0.224	0.222	0.220	0.219
A3-2	0.297	0.298	0.231	0.169	0.149	0.146	0.145	0.145
A3-3	0.123	0.121	0.81	0.60	0.54	0.53	0.53	0.53
A3-4	0.89	0.88	0.42	0.39	0.38	0.37	0.37	0.37
A4-1	0.482	0.466	0.450	0.407	0.404	0.403	0.400	0.400
A4-2	0.254	0.251	0.213	0.207	0.200	0.197	0.193	0.192
A4-3	0.83	0.83	0.70	0.66	0.56	0.50	0.50	0.49
A4-4	0.64	0.60	0.59	0.46	0.40	0.40	0.40	0.40
A4-5	0.46	0.41	0.34	0.33	0.32	0.32	0.31	0.30
A5-1	1,125	1,120	1,024	0.866	0.583	0.528	0.487	0.481
A5-2	0.641	0.638	0.641	0.610	0.470	0.407	0.259	0.255
A5-3	0.494	0.494	0.501	0.470	0.347	0.308	0.195	0.192
A5-4	0.414	0.413	0.423	0.397	0.302	0.261	0.165	0.163
A5-5	0.331	0.329	0.333	0.302	0.180	0.158	0.129	0.128

A5-6	0.187	0.186	0.185	0.161	0.107	0.86	0.75	0.75
A5-7	0.135	0.135	0.133	0.112	0.066	0.053	0.051	0.051
A6-1	1,137	0.974	0.725	0.526	0.504	0.503	0.500	0.500
A6-2	0.191	0.176	0.127	0.103	0.101	0.100	0.099	0.098
A6-3	0.202	0.175	0.121	0.105	0.104	0.103	0.103	0.103
A6-4	0.159	0.131	0.087	0.085	0.084	0.083	0.082	0.082
A6-5	0.087	0.068	0.047	0.046	0.045	0.045	0.045	0.045
A6-6	0.041	0.027	0.025	0.022	0.021	0.021	0.021	0.021
A7-1	0.475	0.336	0.262	0.226	0.226	0.226	0.226	0.226
A7-2	0.262	0.216	0.016	0.126	0.126	0.125	0.125	0.125
A7-3	0.138	0.083	0.066	0.061	0.061	0.06	0.06	0.06
A7-4	0.97	0.046	0.044	0.043	0.043	0.42	0.42	0.42
A7-5	0.45	0.020	0.019	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018
A8-1	0.411	0.295	0.236	0.224	0.223	0.223	0.222	0.221
A8-2	0.202	0.168	0.134	0.126	0.118	0.116	0.115	0.115
A8-3	0.129	0.077	0.071	0.066	0.065	0.065	0.065	0.065
A8-4	0.103	0.064	0.056	0.053	0.052	0.052	0.052	0.051
A8-5	0.103	0.077	0.058	0.053	0.053	0.053	0.052	0.052
A8-6	0.83	0.059	0.044	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043
A8-7	0.29	0.016	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.013
A9-1	0.634	0.447	0.365	0.350	0.349	0.343	0.342	0.342
A9-2	0.274	0.234	0.119	0.158	0.156	0.154	0.154	0.153
A9-3	0.281	0.188	0.155	0.140	0.135	0.133	0.133	0.132
A9-4	0.194	0.128	0.111	0.105	0.102	0.101	0.101	0.100
A9-5	0.122	0.087	0.066	0.064	0.063	0.062	0.062	0.052
A9-6	0.51	0.031	0.029	0.029	0.028	0.026	0.026	0.025
A9-7	0.20	0.011	0.01	0.01	0.01	0.009	0.009	0.009
A10-1	0.457	0.379	0.260	0.254	0.246	0.244	0.243	0.243
A10-2	0.161	0.120	0.097	0.089	0.085	0.084	0.084	0.084
A10-3	0.123	0.113	0.081	0.072	0.068	0.068	0.067	0.067
A10-4	0.135	0.112	0.090	0.080	0.077	0.076	0.076	0.076
A10-5	0.156	0.122	0.094	0.088	0.087	0.086	0.085	0.085
A10-6	0.79	0.06	0.043	0.043	0.042	0.042	0.042	0.041
A10-7	0.45	0.03	0.022	0.022	0.022	0.021	0.021	0.021
A11-1	0.289	0.212	0.163	0.156	0.155	0.154	0.154	0.154
A11-2	0.132	0.106	0.087	0.077	0.077	0.076	0.076	0.076
A11-3	0.135	0.085	0.078	0.073	0.073	0.073	0.072	0.072
A11-4	0.139	0.094	0.075	0.072	0.072	0.071	0.071	0.07
A11-5	0.59	0.034	0.031	0.031	0.031	0.031	0.030	0.030
A11-6	0.44	0.025	0.022	0.022	0.022	0.021	0.021	0.021
A12-1	1,225	1,089	0.693	0.607	0.586	0.567	0.560	0.559
A12-2	0.477	0.446	0.347	0.270	0.254	0.242	0.238	0.237
A12-3	0.529	0.498	0.374	0.272	0.251	0.240	0.236	0.236

A12-4	0.47	0.435	0.318	0.230	0.221	0.218	0.215	0.214
A12-5	0.399	0.349	0.247	0.183	0.181	0.180	0.179	0.179
A12-6	0.236	0.200	0.132	0.111	0.111	0.110	0.109	0.109
A12-7	0.186	0.149	0.95	0.089	0.089	0.088	0.088	0.088
A12-8	0.073	0.045	0.034	0.033	0.032	0.031	0.031	0.031

ICONOGRAFIA

TOMA DE MUESTRA DE ALISO (*Alnus acuminata* Kunth) CON EL PERSONAL DE APOYO



Imagen 01: Medida de diámetro altura del pecho



Imagen 02: Derribo del árbol de aliso (muestra)



Imagen 03: Medición de la altura total de aliso

TOMA DE MUESTRA DE RAMAS, SEPARANDO RAMAS PRINCIPALES DE RAMAS SECUNDARIAS PARA PROCEDER A PESAR.



Imagen 04: Pesado de hojas verdes

COLECTA DE MUESTRAS DE SECCIONES DE ALISO, PESANDO RAMAS Y CODIFICANDO RESPECTIVAMENTE



Imagen 05: Pesado de las secciones de 2 metros del tronco de aliso



Imagen 06: Cortes de secciones de 5 centímetros del tronco de 2 metros.

CULMINACIÓN DEL TRABAJO EN CAMPO CON LA RECOLECCIÓN DE MUESTRAS EN PASTO Y HOJARASCA



**SECADO Y SEGUIMIENTO DE MUESTRAS DE RAMAS, HOJARASCA, PASTO, RODAJAS
EN EL LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS**



ANÁLISIS DE MATERIA ORGÁNICA POR EL MÉTODO DE WALKLEY BLACK

